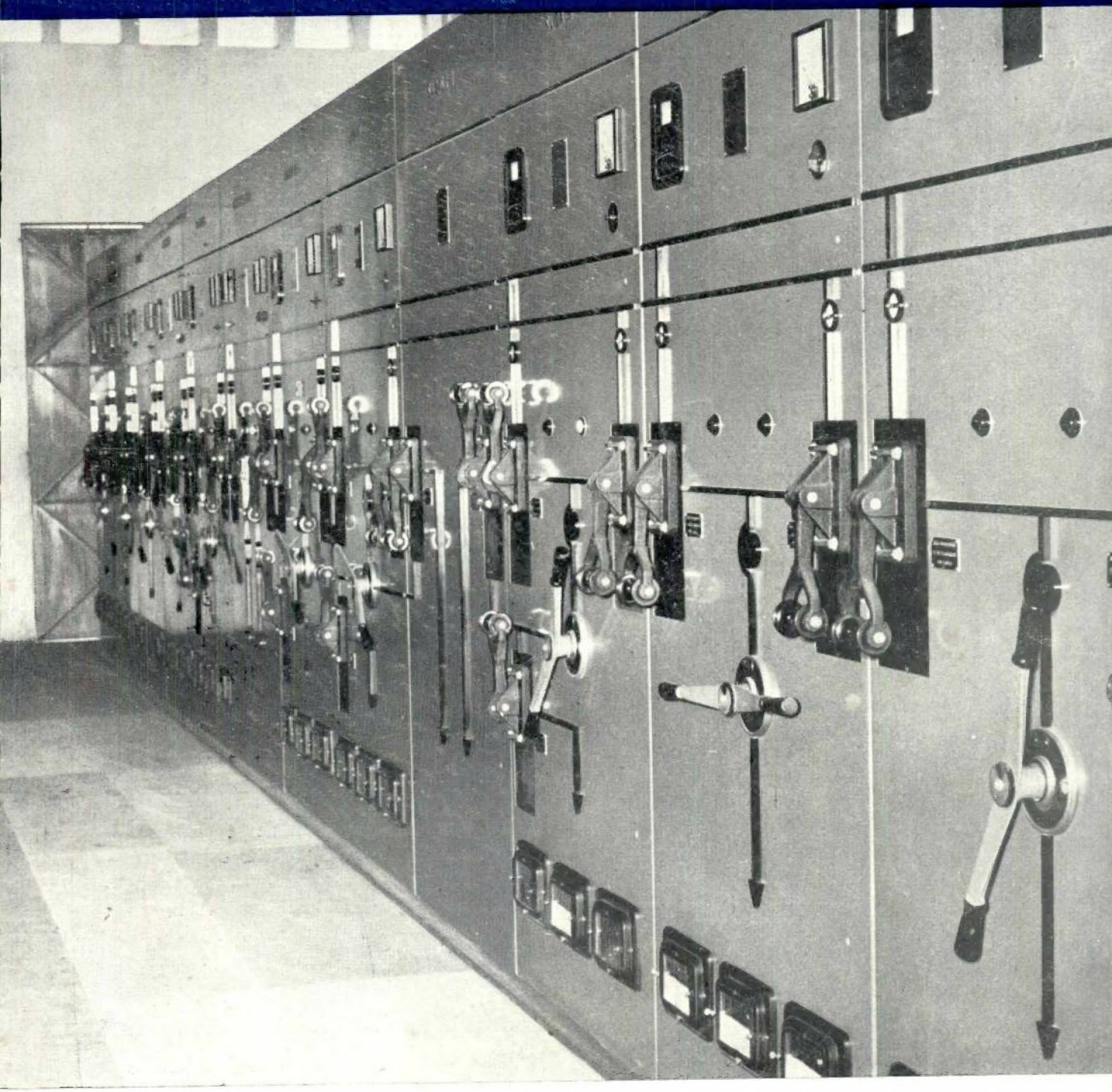
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I. S. T.

N.º 297 - DEZEMBRO - 1959

CIMENTO SECIL

Fábrica:

Outão – Setúbal

Telef. 028824/5

Escritório:

R. do Comércio, 56-3.º

LISBOA 2

Telef. 28201/2/3

Desde o
Distrito de **VIANA DO CASTELO**
ao de **LEIRIA** e nos Distritos
de **SETÚBAL** e **ÉVORA** as

FÁBRICAS
CIDADES
VILAS e
ALDEIAS portuguesas

são abastecidas de

ELECTRICIDADE

para

FORÇA MOTRIZ E TODOS OS USOS INDUSTRIAIS, LUZ, ETC., a TARIFAS MUITO VANTAJOSAS e com as maiores facilidades,

pela

UNIÃO ELECTRICA PORTUGUESA

e produzidas nas CENTRAIS:

Thérmica do FREIXO	22.000 CV
Hidráulica do LINDOSO...	100.000 CV
Thérmica da CACHOFARRA...	14.000 CV

Os Escritórios da UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA são:

NO PORTO Rua Duque de Loulé, 148
EM LISBOA Rua Rosa Araújo, 35

MARS-LUMOGRAPH

Lembre-se das cópias heliográficas!

Se a cópia demonstra impecável nitidez, depende do material de desenho utilizado no original.

Em todo o mundo os engenheiros e arquitectos apreciam no material moderno de desenho MARS-LUMOGRAPH ao lado das suas múltiplas vantagens, especialmente a sua propriedade heliográfica. Nós temos ao dispor o material de desenho MARS-LUMOGRAPH em 19 graduações como minas, lapiseiras e lápis de desenho. As lapiseiras de desenho MARS-LUMOGRAPH já famosas fornecem-se com afia-minas próprio situado no botão de pressão.

STAEDTLER

PAPELARIA FERNANDES
S. A. R. L.
Rua do Ouro, 145/149 **Largo do Rato, 13**
LISBOA

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXIV - N.º 297 Dezembro de 1959

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR
ALEXANDRE CERVEIRA

ADMINISTRADOR
JORGE GONÇALVES CALADO

SECRETÁRIO
HENRIQUE TELLES ANTUNES

REDACTORES
JOSÉ FERNANDO PINHARANDA
VÍTOR GRAVETO
CARLOS PENA

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	80$00	110$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.DA
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Painel do quadro de alta tensão de 10 kV, da Central térmica de emergência dos Caminhos de Ferro, Portos Transportes de Moçambique — Lourenço Marques — Construção Nacional.

Págs.

«Qual a missão do engenheiro na actividade económica»
Pelo Eng.º António Gouvêa Portela 121

Determinação do estado de compressão natural existente nos maciços rochosos
Por J. M. Ressurreição Neto 125

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** . . . . . 136 e 170

Estradas de baixo custo — Relatório português apresentado ao IX Congresso Internacional da Estrada, Rio de Janeiro, 1959
Pelos Eng.os Manuel Pimentel dos Santos, Germano J. Venade Henrique N. Ferreira, Aurélio A. Martins, Úlpio do Nascimento, Carlos A. Aires e António S. Ferreira 137

Estudo das forças de inércia nos motores Delta de 9 e 13 cilindros
Por Carlos José Fragoso Pinto Garnel e António Branco de Oliveira Falcão 155

O arranque nas minas da Panasqueira
Pelo Eng.º Fernando de Mello Mendes 171

Vida Escolar e Associativa 184

Do Mundo Técnico 186

Biblioteca 191

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª XI
A. Gestetner LIII
A. Johnson & Co (Portugal), Ltd. . . XLI
Anhydro XXXV
Azevedo & Pessi, Ltd. XXXIV

C

Caldeiras Berès XLV
Cekop XXI
Centrozap XXXI
Ceresite LIII
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
«Cimentol 25» XXII
Companhia de Cimentos Brancos . . XII
Companhia Cimento «Tejo» XLVIII
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos XIV
Companhia Portuguesa dos Petróleos BP XXXVI
Companhia União Fabril XVIII
Construções Técnicas, Ltd.ª XXXIII
C. Santos, Ltd.ª VI

E

Edmond Dardel II
Electro-Arco, Ltd.ª XLVI
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª XIX
Empresa Electro Cerâmica XII
Empresa de Fundações Capblanch, Lda. XXXIV
Empresa Nacional de Aparelhagem Eléctrica XXVI
Empresa de Produtos Asfálticos . . . VII
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos XLVII
Eng.º Augusto Cavaco XLVI
Estabelecimentos Herold XLIX

F

Fábrica Portugal XXXIX
Facto, Lda. XXVIII
Fanafel XLIV
Filtrol, Lda. XXII

H

Henriques & Castro, Ltd.ª X

J

Jayme da Costa, Lda XXVII
J. J. Gonçalves, Sucrs. IX

L

Pág.

Leacock (Lisboa), Ltd.ª XV

M

MAN XXIV
Mannesmann Meer X
Máquinas de Precisão, Ltd.ª XLVI
Monteiro Gomes, Ltd.ª . . . . VIII e XLI

P

Papelaria Fernandes . . . . XXV e 2.ª da capa
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

S

Soabal, Ltd. L
S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XVII
Siemens XXIX
SMEIA . . . . . IV, LII e LIV
Sociedade de Construções Amadeu Gaudêncio XLIII
Sociedade Comercial de Isolamentos de Cortiça, Lda. XXXIV
Sociedade Comercial Romar, Lda. . . XXXVII
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade de Electricidade Brown Boveri . . . . . 4.ª da capa
Sociedade Fabril de Matérias Plásticas XX
Sociedade Industrial Metalúrgica . LIII
Sociedade Michaelis de Vasconcellos XVI
Sociedade Portuguesa Cavan L
Socotel V
Somec V
Sonafor XL
Sonap XLII
Sondagens Ródio, Ltd.ª L
Standard Eléctrica XIII

T

TAP XLIV

U

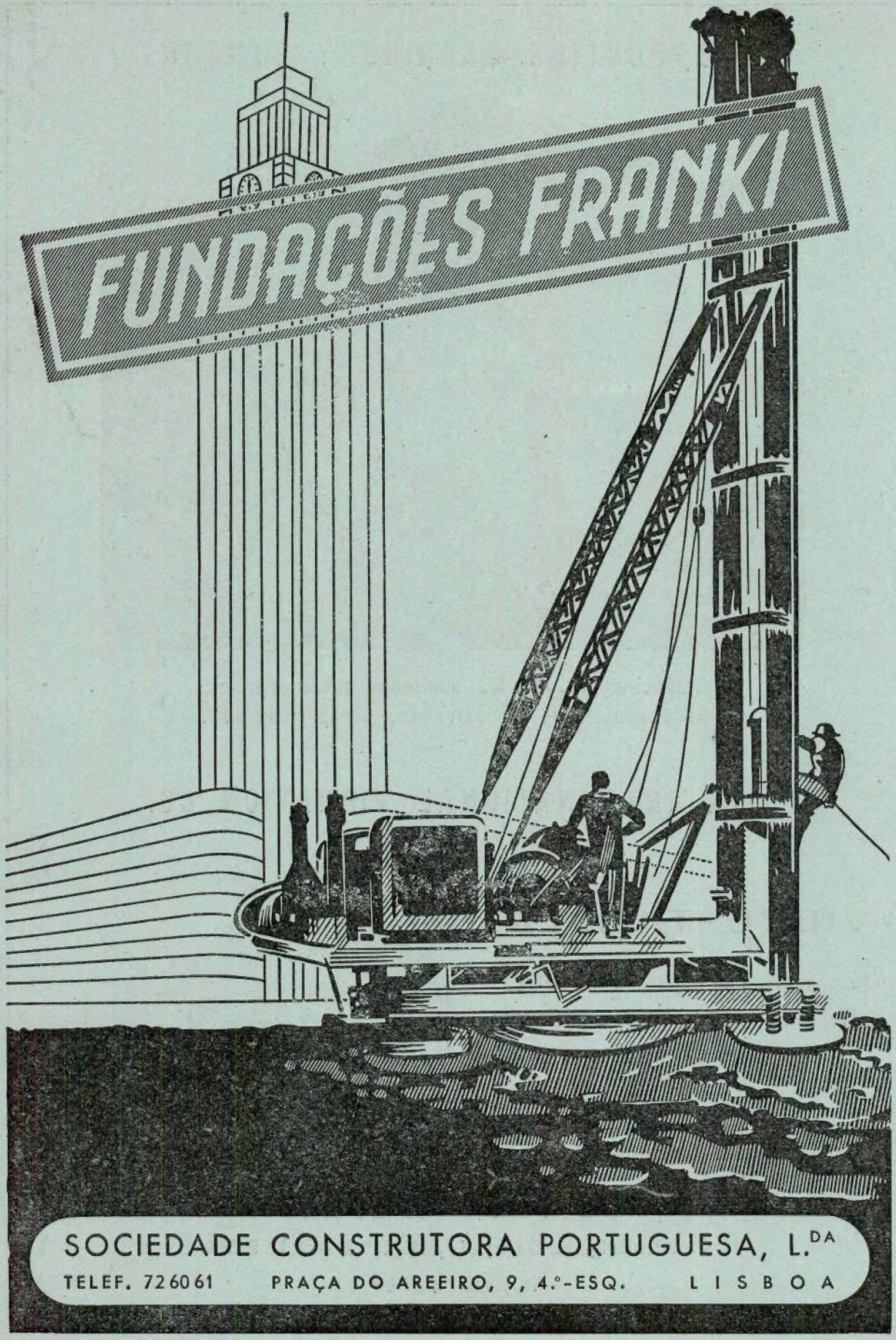
União Eléctrica Portuguesa . . . . . 2.ª da capa
Universal XLVIII

V

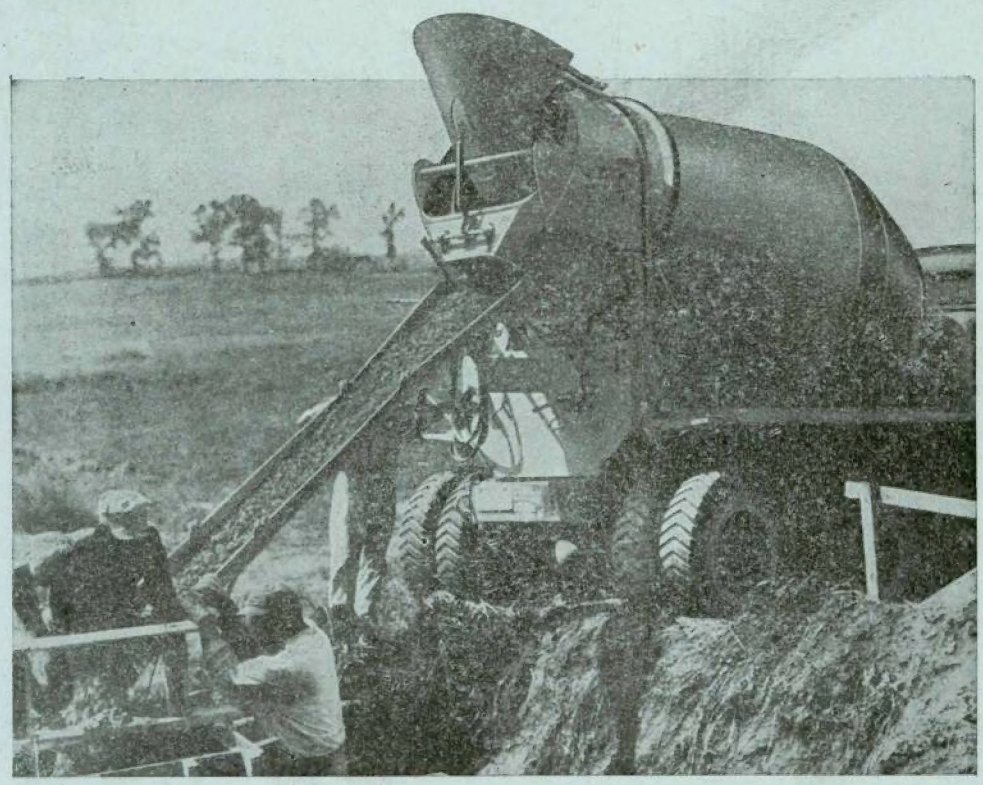
Varimex XXX
Vitrofib XLIII

W

Wild Portugal, Lda. XXIII

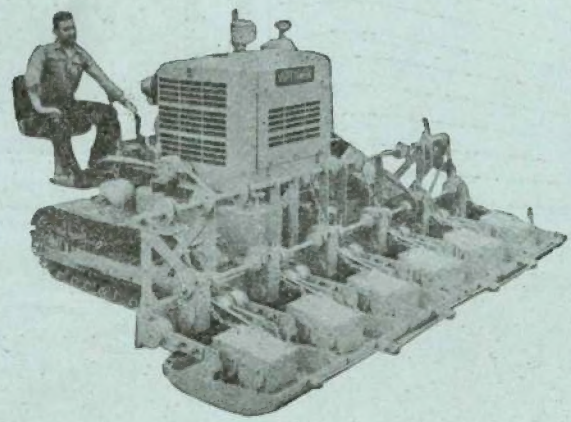

FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 726061 PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ. LISBOA

CONSTRUCTION MACHINERY COMPANY



Betoneiras C. M. C. montadas sobre camions, para construção de estradas, aeroportos, etc.

THE INTERNATIONAL VIBRATION CO.



VIBRO-TAMPER

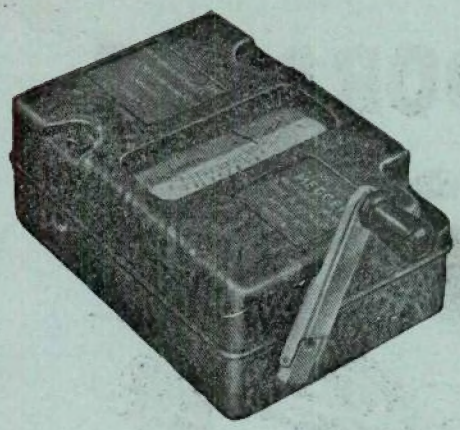
Compactador de sapatas vibratórias. Máxima compactação num mínimo de tempo

Agente exclusivo:

Edmond Dardel

Rua Rodrigues Sampaio, 19-4.º B — LISBOA

Telefone 42289



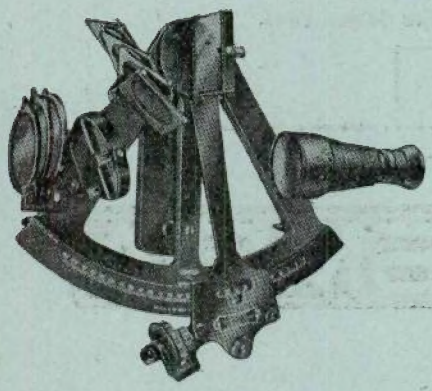
PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

GRANDE SORTIDO DE INSTRUMENTOS DE PRECISÃO, CIENTÍFICOS E INDUSTRIAIS

PARA

- ENGENHEIROS
- ARQUITECTOS
- CONSTRUTORES
- TOPÓGRAFOS
- DESENHADORES
- LABORATÓRIOS
- ESCOLAS
- OFICINAS

RUA DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75
LISBOA
TELEF.: 24314
TELEG.: TECNA



A MOTONIVELADORA CAT
é a melhor

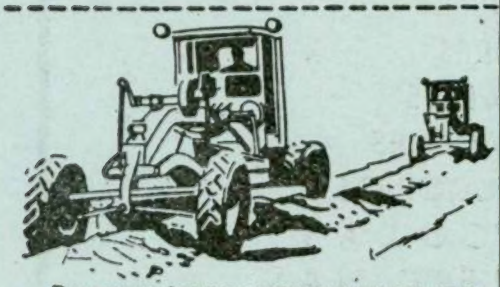
Elas fazem todos êstes serviços e muitos outros

Constroem estradas do começo ao fim

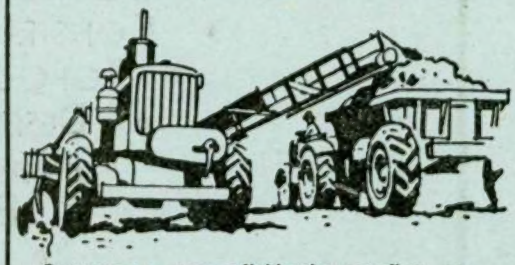
Conservam e melhoram as estradas

Abrem valetas ou aumentam as existentes

Misturam no lugar o material de pavimentação de estrada



Preparam terrenos para parques, para construção de prédios ou represas



Carregam com eficiência vagões ou caminhões

A Motoniveladora Caterpillar é a máquina mais eficiente para executar todos êstes serviços e muitos outros. Inteiramente fabricada por Caterpillar Tractor Co., é de operação muito econômica, possue completo contrôle da lâmina e a sua construção de qualidade e grande resistência permite construir estradas pelo mais baixo custo. Para informações detalhadas sôbre estas notáveis motoniveladoras, escreva, telefone ou visite o distribuidor Caterpillar de sua zona.

CATERPILLAR

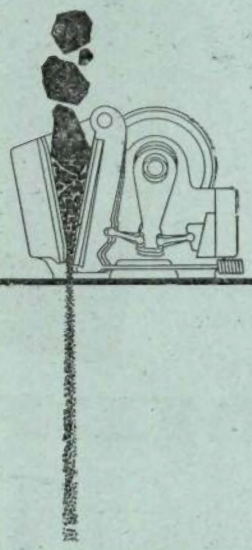
Caterpillar e Cat são Marcas Registradas de Caterpillar Tractor Co., dos E.U.A.

Sociedade de Mecanização Industrial e Agrícola
S. A. R. L.
Av. P. Manuel da Nóbrega, 8 B LISBOA Tel. 724053-4-5

DE ROLL

As britadeiras de maxilas DE ROLL, com duplo balanceiro e rodamentos oscillantes

apresentam
um maior número de rotações
e, por conseguinte,
maior quantidade horária de material
e aumento da percentagem
de grãos cúbicos



DE ROLL
Fábricas de Klus, Klus (Suiça)

Representantes em Portugal:
Socotel, Lda.
Rua Sá da Bandeira, 651-4°. Esq.
Porto – Telef. 27013

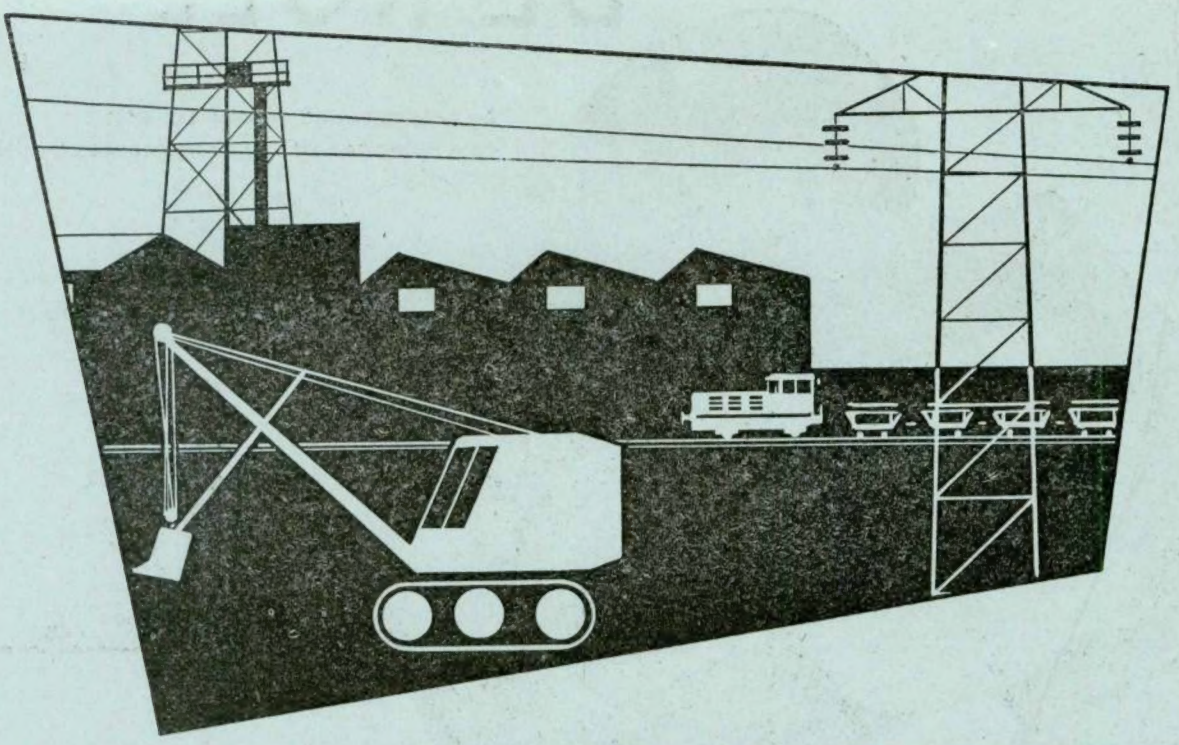
SOMEC

Sociedade Metropolitana e Colonial de Construções, L.da

R. Andrade Corvo, 29, 1.º — Lisboa Telefone 59169/70

Sondagens
Fundações
Betão armado
Trabalhos marítimos
Túneis

no Continente e Ultramar



MERCEDES-BENZ

MOTORES INDUSTRIAIS DIESEL

MOTORES PARA TODAS AS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA GRANDE ROBUSTÊS, ECONOMIA
DE CONSUMO E FACILIDADE DE MANUTENÇÃO
MODELOS DESDE 15 A 2.500 H. P.

EM ARMAZÉM:

MODELO M B 841 B	25 H. P. — 1.000 R. P. M.
MODELO M 202 B	55 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 203 B	90 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 204 B	120 H. P. — 1.200 R. P. M.

OUTROS MODELOS PARA ENTREGA MUITO RÁPIDA

MOTORES A 4 TEMPOS - ARREFECIMENTO POR ÁGUA
ARRANQUE A AR COMPRIMIDO OU ELÉCTRICO

REPRESENTANTES C. SANTOS LDA. — DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA

29, AV. DA LIBERDADE, 41 — LISBOA
160, R. DE S.TA CATARINA, 168 — PORTO

Celulite

ISOLAMENTO
TÉRMICO DAS
CONSTRUÇÕES

PAVIMENTOS
*
TECTOS
*
PAREDES
*
CÂMARAS
FRIGORÍFICAS
*
ISOLAMENTOS
INDUSTRIAIS

Terraços e pavimentos isolados com CELULITE no edifício da Comp.ª de Seguros Fidelidade — P. das Águas Livres — Lisboa

SETH, LDA. ✦ RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º ✦ TEL. 73 01 56 — LISBOA

Para impermeabilizar terraços,
paredes, fundações, etc.

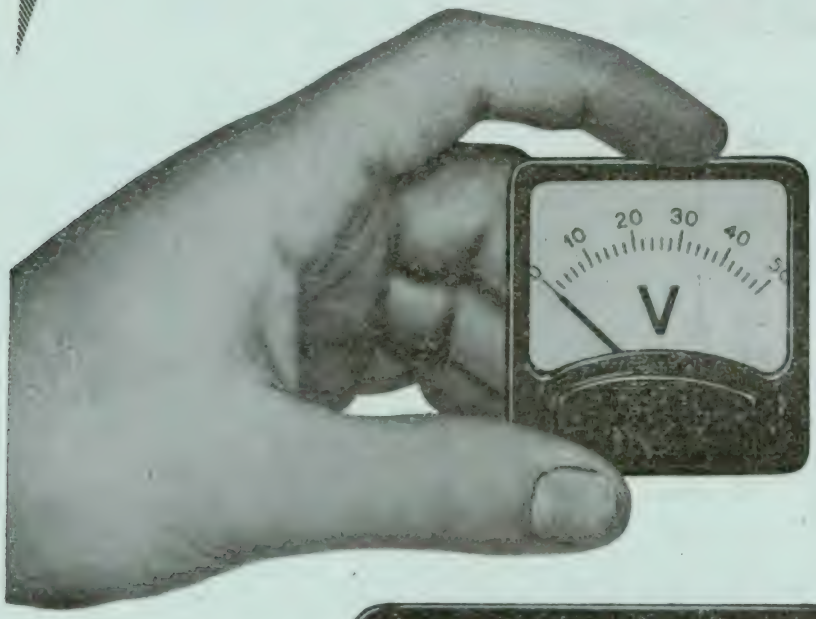
COLAGEM DE
TACOS DE MADEIRA

TELEF. 73 0156 TELEG. EPALDA — LISBOA

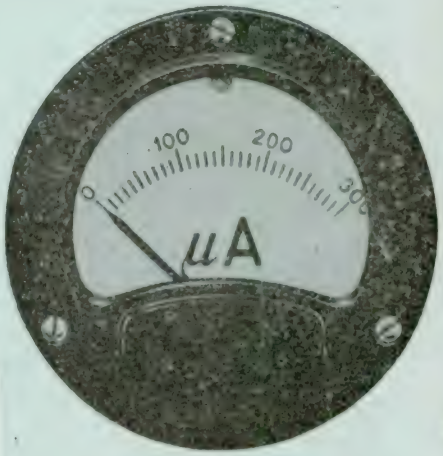
EMPREZA DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS
IMPERMEABILISADOR
IMEPA
RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º-LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

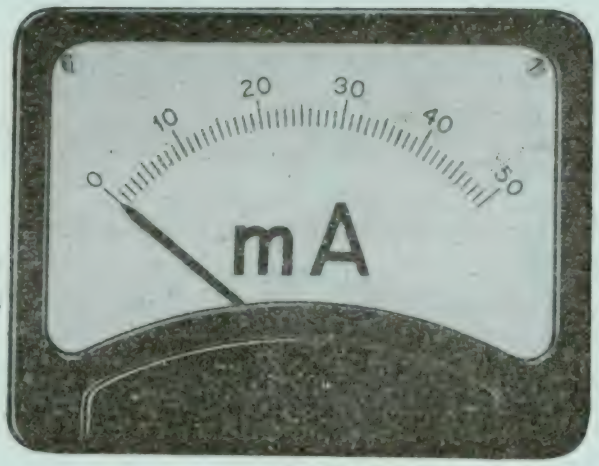
Instrumentos tipo miniatura



Voltimetro de quadro móvel, quadrado, de 2"



Microamperimetro de quadro móvel, redondo, de 2 ½"



Miliamperimetro de quadro móvel, rectangular, de 3"×4"

Instrumentos indicadores para todos os fins e aplicações, contadores, relés de protecção e auxiliares, construídos e ensaiados segundo métodos modernos e satisfazendo as normas mais rigorosas

'ENGLISH ELECTRIC'

THE ENGLISH ELECTRIC COMPANY LIMITED, QUEENS HOUSE, KINGSWAY, LONDON, W. C. 2

AGENTES PARA PORTUGAL E ANGOLA:

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

qualquer problema de transporte de cargas médias e pesadas resolve-se com...
AUSTIN
A MAIS COMPLETA LINHA DE VEÍCULOS COMERCIAIS
DISTRIBUIDORES GERAIS — J. T. GONÇALVES, SUCRS. — LISBOA • ÉVORA • PORTO — AGENTES EM TODOS OS DISTRITOS
BÁSCULA
CARGA-8.000 KGS
CARGA-6.000 KGS
CARGA-4.000 KGS
CARGA-1.700 KGS
CARGA-1.500 KGS

CEMPEXO

tinta hidrófuga e petrificante à base de cimento

A tinta que dura

Pintura ideal para paredes de prédios e outras estruturas.

Cores atraentes, fixas e duradouras.

Usa-se sôbre rebocos, tijolos, betão, fibrocemento, pedra natural, etc.

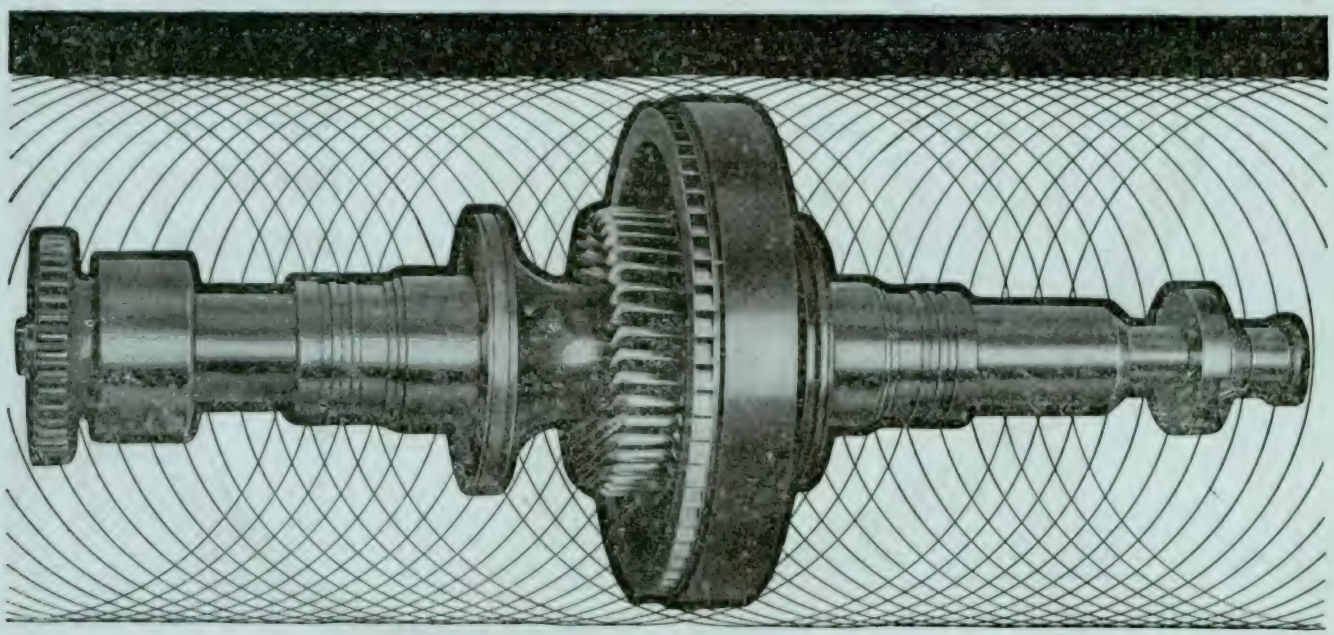
DANSK CEMENT CENTRAL

DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL

HENRIQUES & CASTRO, *Lda.*

AVENIDA CONDE DE VALBOM, 96 LISBOA

TELEF. 775057-775058



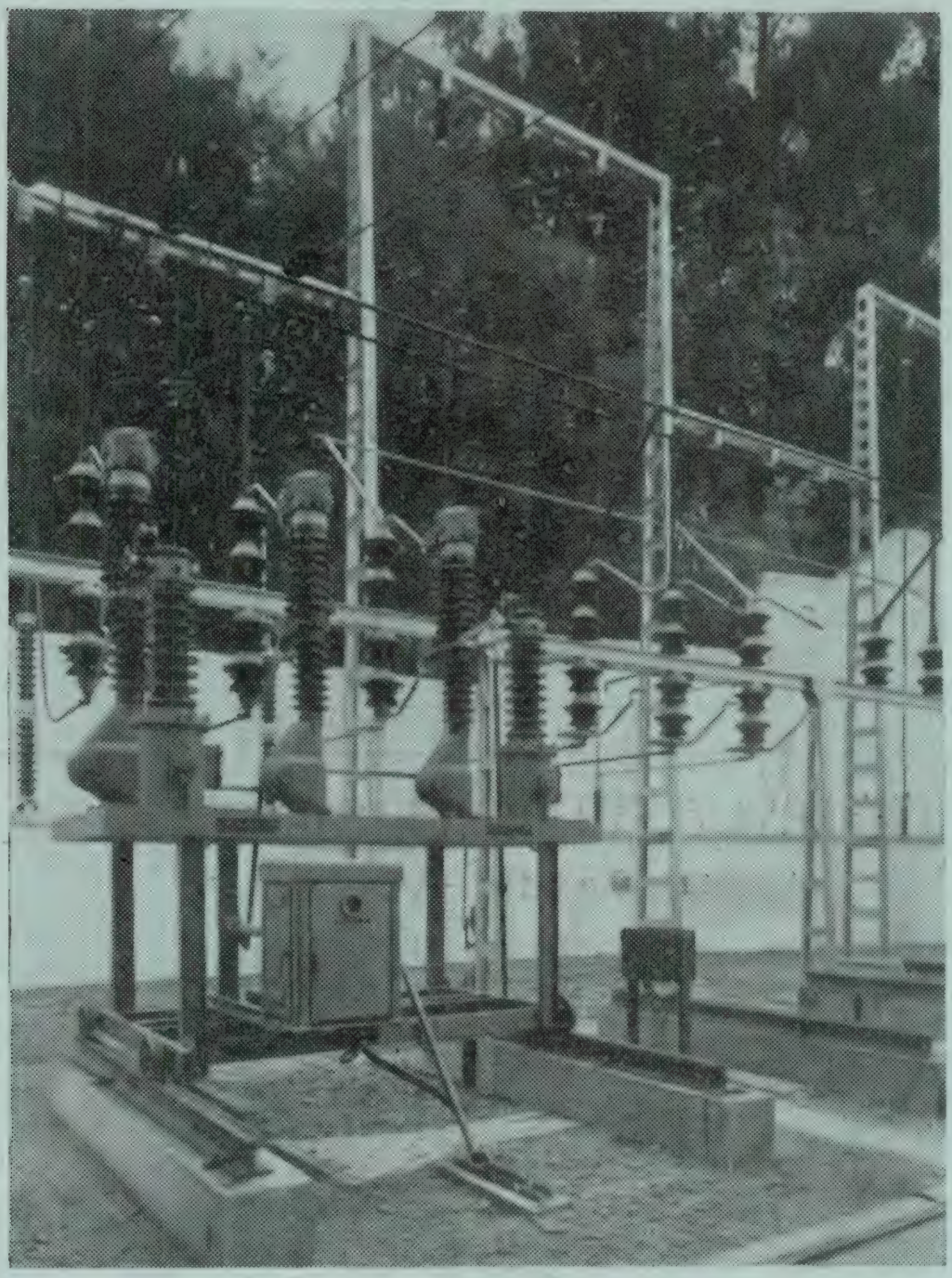
Segurança de serviço e elevada economia - em particular sob cargas parciais até ao limite inferior de 300 HP - reunem-se nas nossas turbinas de contrapressão Mannesmann-Meer, sistema Köhler. Fornecemos estas turbinas para vapor vivo até 120 ata e 520° C, para potências de 200 kW em diante. Os nossos grupos turbogeradores são do tipo com arranque rápido

979/2p

MANNESMANN-MEER

Mönchengladbach · Karmannsstraße 29 · Alemanha
Tel. 25701 · Telex 0852852

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES DE DELLE



Bloco extractível 70 KV. — DELLE
Subestação dos Serviços Municipalizados de Coimbra

DELEGADOS

AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos INDUSTRIAIS, 4, 1.º (às Côrtes) // LISBOA // Telefs. 66 06 92 - 66 60 82 - 66 06 04

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

Candal — Gaia

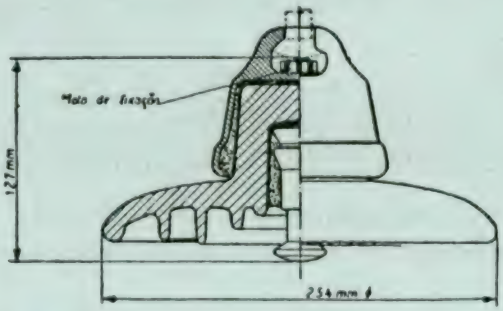
ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

Peso aproximado: 4,3 kg cada elemento



Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA

Standard Electrica S.A.R.L.

Associada da

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORPORATION

DE NOVA YORK

TELECOMUNICAÇÕES

ELECTRÓNICA

AV. DA INDIA — LISBOA

COMPANHIA PORTUGUESA DE FORNOS ELÉCTRICOS

PRODUTORA DE

FERRO GUSA

FERRO LIGAS

FERRO-MANGANÊS

SÍLICO-MANGANÊS

FERRO-SILÍCIOS

15 % - 25 % - 45 % - 75 % - 90 %

CARBONETO DE CÁLCIO

CIANAMIDA CÁLCICA

PASTA PARA ELÉCTRODOS

E EM MONTAGEM

GRAFITE

FÁBRICAS
CANAS DE SENHORIM
Telefone 67222

SEDE
Largo de S. Carlos, 4-2.º — LISBOA
Telefones 25343-29608-368989

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.

Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.

Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

J. A. CRABTREE & CO. LTD.

Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.

Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.

Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.

Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT

Contadores de água, de vapor e de óleo.

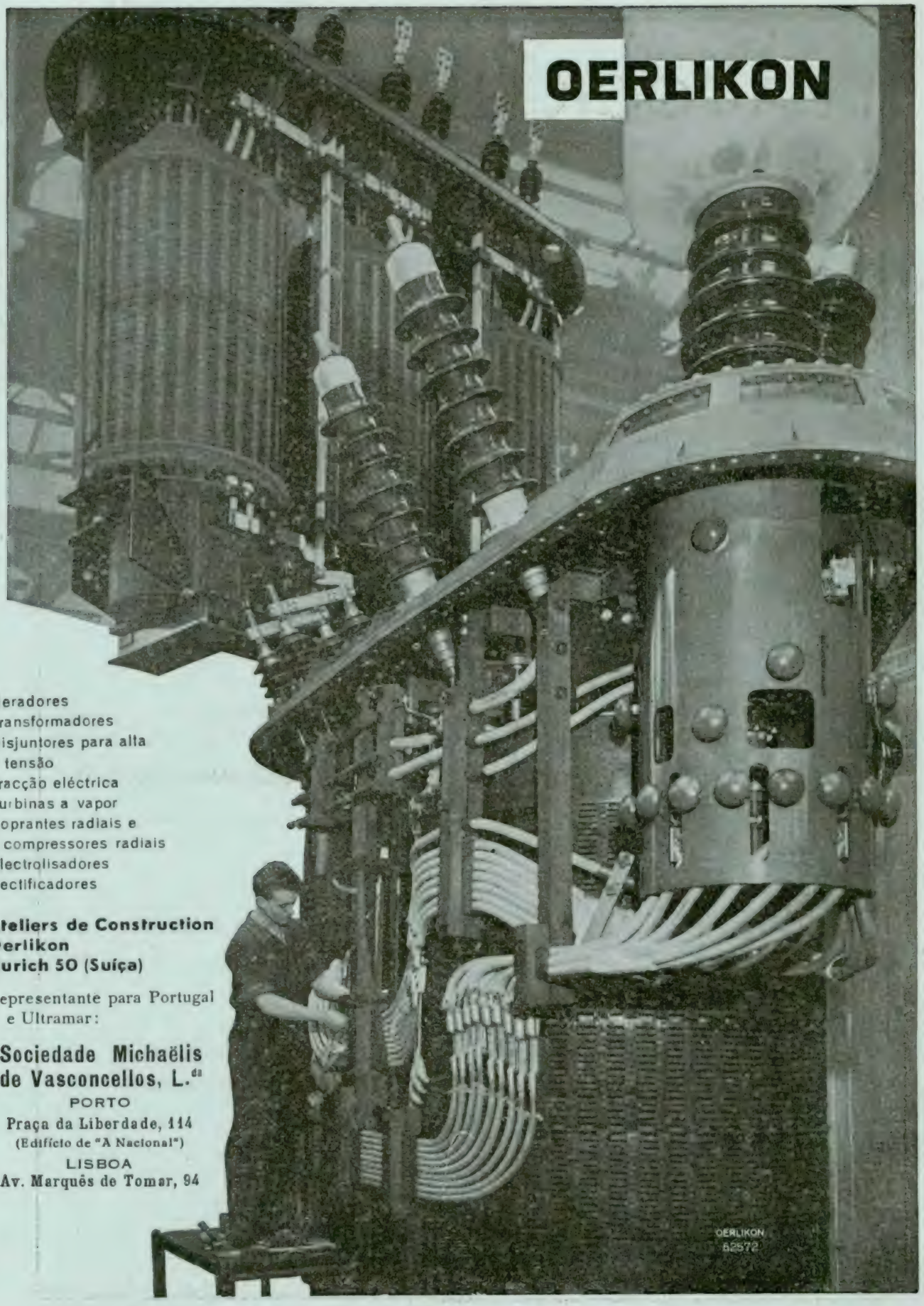
Tubos Venturi

Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.

Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.

Luz fluorescente.



Geradores
Transformadores
Disjuntores para alta tensão
Tracção eléctrica
Turbinas a vapor
Soprantes radiais e compressores radiais
Electrolisadores
Rectificadores

Ateliers de Construction Oerlikon
Zurich 50 (Suíça)

Representante para Portugal e Ultramar:

Sociedade Michaëlis de Vasconcellos, L.da

PORTO
Praça da Liberdade, 114
(Edifício de "A Nacional")
LISBOA
Av. Marquês de Tomar, 94

TÉCNICA

DIRECTOR: ALEXANDRE CERVEIRA
ADMINISTRADOR: JORGE GONÇALVES CALADO
SECRETÁRIO: HENRIQUE TELLES ANTUNES

Ano XXXIV - N.º 297 Dezembro de 1959

C. D. U. 62.001.7 : 33

«Qual a missão do engenheiro na actividade económica»

PELO ENG.º MECÂNICO (I. S. T.) ANTÓNIO GOUVÊA PORTELA
Prof. do I. S. T.

Palestra realizada na Sessão Solene de abertura da Semana de recepção aos novos alunos em 30 de Novembro de 1959

Convidado pela Associação dos Estudantes do I. S. T. para dar as boas vindas aos alunos novos que acabam de ingressar nesta Escola, procurei entre os vários assuntos de interesse aquele que se me afigurou de maior oportunidade.

«Qual a função do Engenheiro no campo económico».

a) Para definir uma função podem usar-se dois métodos, um directo procurando uma definição intrínseca, outro indirecto descrevendo o meio exterior ao domínio da função com o qual se troca relações e contactos.

Usaremos este 2.º método porque permite a descrição dos problemas exteriores à função de engenheiro que, afinal, são os que condicionam esta.

A engenharia terá por função no sentido mais lato, aproveitar de toda a informação sobre a Natureza inanimada em benefício do homem e suas agregações económicas.

Nesta definição sobressaiem dois factores:

1.º — A necessidade de *conhecer a Natureza* e acrescentou-se inanimado, para restrigir o âmbito. Em princípio a Natureza viva será matéria de outros domínios, Tecnologias e Profissões.

2.º — Um conceito de *utilidade* ou *benefício* conseguido em favor do homem em geral ou apenas de alguns agregados humanos porventura, neste último caso, em prejuízo de outros agregados.

b) *Conhecimento da Natureza.*

A Natureza tem propriedades que lhe são próprias e desde longa data o homem tem sabido transmitir de geração em geração a informação colhida numa *experimentação* contínua.

Essa experimentação foi transmitida oralmente, por escrito, e pelo ensino directo e, apesar de muita ter sido perdida contudo o saldo é francamente positivo.

Nos tempos mais recentes essa «experimentação» passou a ser exercida sistemàticamente em centros especialmente dotados em homens e materiais, — *os centros de investigação* — que mais bem organizados e providos de meios, conseguem regularmente arrancar à Natureza novas informações e acrescentar o Património de conhecimento humano.

Estes centros, a actividade isolada de inventores singulares, o fantástico intercâmbio de informações, conhecimentos e métodos provocou o estabelecimento de uma *situação de facto* sem paralelo na história e que pode resumir-se do seguinte modo:

O Património humano de conhecimentos varia apreciàvelmente no curto período da vida dum homem.

Ora isto não foi sempre assim, gerações se sucederam a gerações e o património de conhecimentos da Natureza mantinha-se estacionário à escala do tempo da vida humana.

Este ritmo acelerado no incremento do «Capital Informação» introduz uma «preturbação» constante na vida do homem em Sociedade e não é provável que esse ritmo seja reduzido uma vez que os órgãos responsáveis — os centros de investigação e outros — estão sendo acrescidos e ampliados em todo o mundo.

A posição do Engenheiro, neste domínio é manter-se ao corrente dessa evolução.

O reconhecimento desta necessidade está bem patente pelo manancial caudaloso de publicações, revistas, livros, traduções, sugestões, etc., etc.

O número de horas que um engenheiro, moderno deve dedicar a esta função é tal que para muitos é o desânimo.

Quando tal sucede esse Engenheiro ficou agarrado à data em que *desistiu de correr* e atrazando-se insensìvelmente termina alguns anos depois por reconhecer que é um engenheiro obsoleto — «Um engenheiro 1949 vivendo em 1959».

c) Convirá ilustrar, exemplificando, como actua profissionalmente o Engenheiro em relação a essa «informação universal».

Um exemplo recente, mas velho de 20 anos.

Certos núcleos pesados (Urânio 235 por exemplo) quando chocados por um neutrão, em vez de acrescentarem à sua massa mais essa partícula, partem-se cindem-se e libertam uma quantidade apreciável de energia em relação à massa que participa nesta operação.

Essa energia é libertada sob uma forma nobre — movimento de massas e radiações.

Tem sido, até hoje, impossível aproveitar essa energia de movimento directamente e recorre-se a um longo processo de operações sucessivas.

Deixa-se transformar essa energia de movimento em *calor*, essas massas em movimento são paradas por choques sucessivos, libertam-se radiações várias e todas estas formas de energia se degradam em calor.

Então basta arrefecer com um fluido a zona onde se processam estes fenómenos. Em seguida fazer funcionar uma máquina térmica que transforme parte de energia calorífica em trabalho e finalmente este trabalho é transformado em energia eléctrica pela comodidade que esta forma oferece ao transporte e distribuição.

Nestas poucas linhas está resumido o trabalho de centenas de milhares de investigadores e engenheiros durante estes últimos 15 anos que procuraram encontrar materiais que resistam a altas temperaturas e fluxos neutrónicos que não sejam corroídos, que possam ser trabalhados.

Centenas de instrumentos foram inventados para garantir a segurança do funcionamento do órgão no seu conjunto, etc., etc.

Mas, um simples motor de explosão, envolve problemas semelhantes — conhecimento de combustíveis e sua queima a pressões elevadas, redução de *atrito* das peças em movimento por meio de lubrificantes — estes terão de suportar altas temperaturas, serem capazes de neutralizar os produtos de combustão que sejam corrosivos, etc., etc.

d) Cabe nesta altura perguntar, se a função dum engenheiro é fabricar um motor que *funcione?*

A resposta é: *Não basta,* um engenheiro terá de saber fabricar um motor que se *venda.*

Os engenheiros terão de saber construir Centrais Atómicas que produzam energia a um *preço* que permita a sua colocação.

É aqui que reside o problem central de engenharia.

Os produtos fabricados têm de satisfazer às necessidades dum consumidor ou dum comprador porque este lhes encontra uma utilidade.

Por isso não há em engenharia, o melhor motor do mundo, o melhor reactor do mundo.

Para cada tipo de clientela há uma solução que é a melhor.

Mas não há uma solução que é a melhor para todas as clientelas.

Daí a diversificação na técnica. E quem condiciona essa diversificação: é o constrangimento económico.

Afinal o Engenheiro tem por missão encontrar a solução óptima sujeita a duas ordens de condicionalismos:

— os da própria natureza
— os do Homem no seu aspecto Social e Económico.

A engenharia é pois uma profissão de *optimização* e cada problema tem a sua solução particular.

Em que consistem os constrangimentos económicos?

Recorrendo a um exemplo diremos:

Um motor destinado a garantir o fornecimento de luz em caso de avaria de rede geral e que por esse facto vai trabalhar por ano apenas algumas escassas horas — poderá operar com um combustível caro e ter um elevado consumo, mas não convém que o seu preço seja elevado.

Se um Engenheiro tentar resolver um problema desta natureza, empregando um motor de muito rendimento, consumindo um combustível de baixo preço, mas porque esse motor será necessàriamente mais caro, ele estará a cometer um *erro grave*, não porque tivesse aconselhado um motor de pior «qualidade técnica», mas porque não era a solução adequada à problemática do condicionalismo económico.

E quem diz um motor dirá ainda uma pequena ou grande indústria.

O problema não está apenas em construir uma fábrica que produza um produto mas que a qualidade desse produto e o seu preço interesse a um sector suficientemente grande da economia para que possa ser vendido em concorrência com outras soluções válidas igualmente.

Portanto, há que obter informações em pormenor do mercado seus desejos, necessidades reais e dimensões.

Igualmente sobre as matérias-primas, sobre a energia, mão-de-obra e localização.

E quando toda esta *informação* tiver sido obtida, ao engenheiro caberá resolver o problema de *optimização* de soluções condicionadas por um lado à informação científica por outro à informação económica.

E só então saberá «construir um motor, que não só funciona, mas também se venda».

Para o engenheiro será importante seguir os progressos da ciência e da técnica, mas é igualmente fundamental que siga a evolução da ciência económica porque se o não fizer poderá encontrar soluções válidas sob o ponto de vista científico, mas inúteis sob o ponto de vista económico.

Não desejo assustar os novos alunos com a proposição de um problema tão extenso e difícil; na verdade, ele será resolvido em vários escalões e por numerosos engenheiros, uns mais especializados em coisas da ciência, outros versados em implicações económicas.

A tarefa assim dividida pode ser contida nos limitados recursos humanos.

Porém, em equipe ou individualmente é este o problema do Engenheiro — fazer uma *ponte* entre a ciência e a economia para o que deverá compreender estas duas linguagens, traduzi-las e interpretá-las recìprocamente.

e) Este será o momento de falar sobre o problema que caracteriza o ambiente económico do post-guerra.

É um ambiente de guerra — não militar mas económica.

Como o *preço*, em igualdade de qualidade, é a arma por excelência, todos os países procuram reduzi-lo.

É hoje axioma fundamental em economia a baixa dos custos de produção pelo aumento da dimensão do agregado industrial e como corolário deste axioma está o aumento dos *mercados.*

Quando o mercado nacional está saturado resta o recurso à exportação mas aí intervém as protecções pautais e outras medida discriminatórias.

Então aparece como solução óbvia a coalescência de mercados nacionais, constituindo os mercados *supra-nacionais.*

O primeiro exemplo foi o Mercado dos 6, a seguir o Mercado dos 7.

Espera-se nos próximos anos a fusão destes dois mercados num único.

Nesta época de transportes e comunicações facilitadas, as distâncias contrairam-se e estes super-mercados são possíveis e desejáveis.

No caso particular da Europa trata-se duma reacção aos super-mercados, Americano, Russo, e outros.

Portugal acaba de participar na constituição dum desses super-mercados uma vez que é um dos países membros do Mercado dos 7 e o seu rumo está decidido.

Quais as consequências que há a esperar, da difusão de mercadorias, pessoas, capitais e ideias e da concorrência em grande escala, resultantes dessa adesão?

Dois aspectos ou pontos de vista podem ser tomados.

Um, optimista, a oportunidade de grandes mercados virem a ser progressivamente abertos à actividade e labor das indústrias nacionais.

Outro, pessimista, a entrada progressiva no mercado Português das mercadorias alheias em pé de igualdade com as de origem nacional.

O saldo destas duas correntes, dependerá em larga escala da engenharia nacional.

É na medida em que revelarmos eficiência, capacidade e imaginação que poderemos vencer a guerra-económica que se vai travar.

Vocês alunos deste Instituto dentro de 6 anos serão engenheiros e constituirão os reforços frescos a lançar nessa batalha.

É na medida em que fordes capazes de utilizar estes 6 anos na vossa preparação profissional que será igualmente medido o vosso sucesso.

De hoje para o futuro, não haverá apenas concorrência entre os Engenheiros Portugueses, mas antes entre estes e os estrangeiros.

Essa concorrência far-se-há no campo económico através da luta das mercadorias, serviços e ideias nesses super-mercados.

Teremos que produzir melhores produtos e mais baratos e o engenheiro terá uma parte importante no resultado final.

O Português não tem nenhuma inibição ou incapacidade intrínseca e portanto se tiver tenacidade e imaginação poderá sair vitorioso dessa luta.

Em particular apelo para a *imaginação,* para o poder inventivo, para a ideia original, são essas surpresas tácticas e estratégicas com que se ganha a batalha pacífica da guerra-económica.

As maiores felicidades vos desejo para o curso que vão encetar e espero que estas palavras vos incutam ânimo e coragem.

MAGUE

CONSTRUÇÕES METALO-MECÂNICAS MAGUE, L.DA
(S. E. MONIZ DA MAIA & VAZ GUEDES, L.DA)
Alverca — Portugal

Ensaio de carga em fábrica de uma das 5 gruas «MAGUE», de 100 t. m., destinadas às obras da Barragem de Pisões e do Porto da Beira (Moçambique)
Altura máx. 40 m — Alcance máx. 32 m — Carga máx. 6 t

•

PROJECTO E FABRICO DE
PONTES ROLANTES
GUINDASTES
GRUAS, DERRICKS E GUINCHOS
APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS
CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS

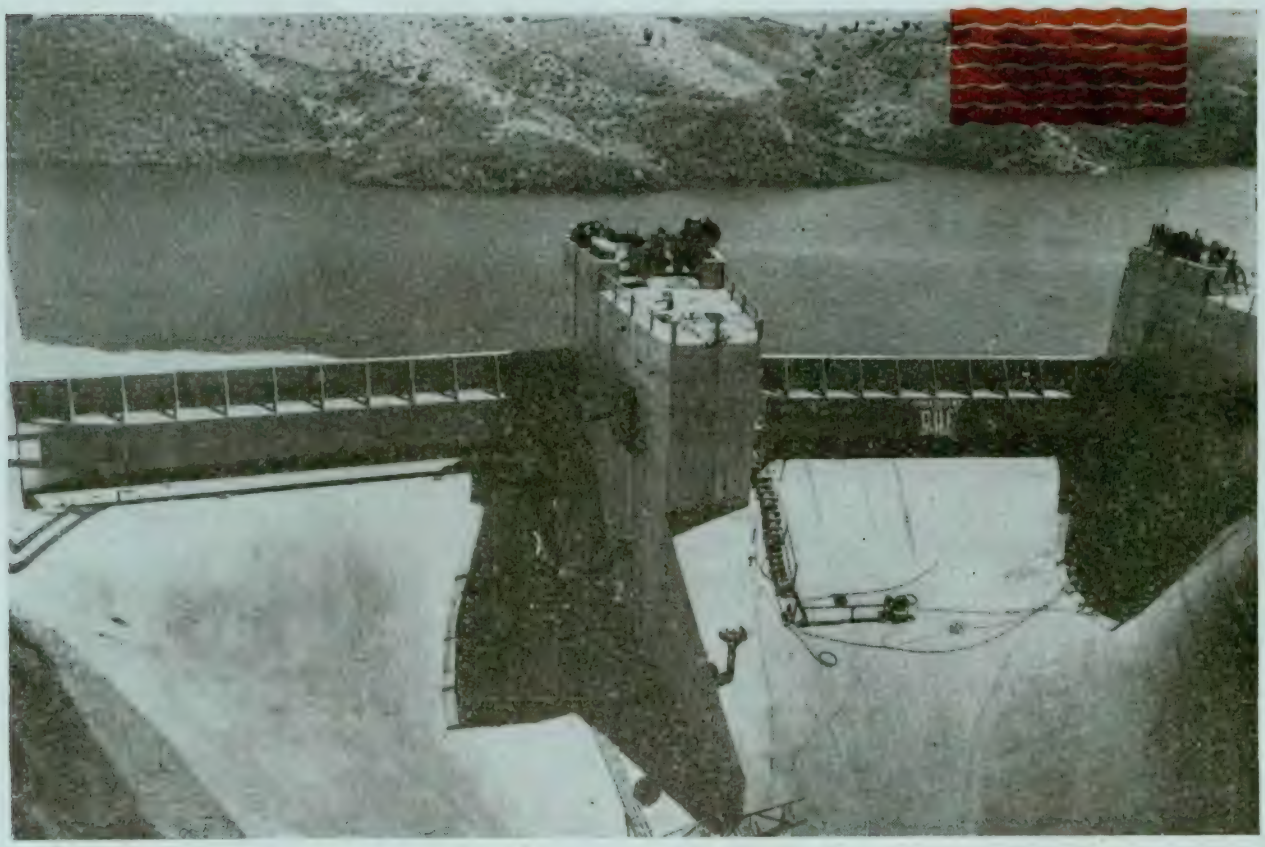
COMPORTAS
TURBINAS
CONDUTAS FORÇADAS
BLINDAGENS

DIVISÃO METALO-MECÂNICA

COMPANHIA UNIÃO FABRIL

AVENIDA 24 DE JULHO, 170 — LISBOA

comporta da barragem do Maranhão construída pela companhia união fabril



C. D. U. 624.131.388
624.131.25

DETERMINAÇÃO DO ESTADO DE COMPRESSÃO NATURAL EXISTENTE NOS MACIÇOS ROCHOSOS

POR

J. M. RESSURREIÇÃO NETO

1 — INTRODUÇÃO

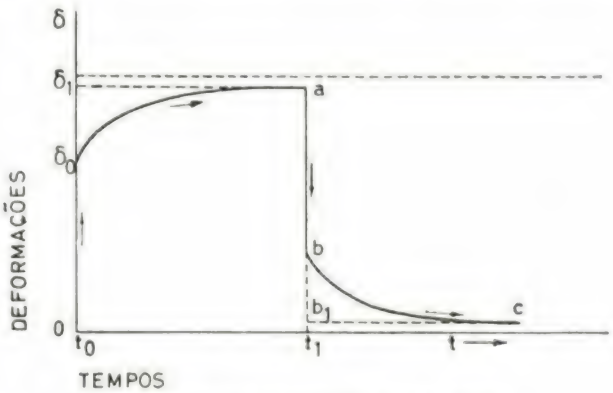
— O método, que nos propomos apresentar, baseia-se no seguinte princípio:

QUALQUER ALTERAÇÃO DO ESTADO DE TENSÃO EXISTENTE NAS FORMAÇÕES ROCHOSAS, NÃO É INSTANTÂNEAMENTE SEGUIDA DA CORRESPONDENTE MUDANÇA DO ESTADO DE EXTENSÃO

1.2 — *Características elásticas dos maciços rochosos*

O princípio anteriormente enunciado, verifica-se em vários materiais e em rochas de todos os tipos, dependendo a sua constatação da maior ou menor precisão dos aparelhos de medida utilizados. Admitir tal princípio, equivale a afirmar que os materiais rochosos, uma vez solicitados por determinada carga, apresentam um comportamento mecânico que não poderá considerar-se perfeito, quando encarado sob o aspecto elástico. Tais materiais, desde que a tensão aplicada não ultrapasse determinado limite a que chamaremos limite *elástico-viscoso*, apresentam deformações que poderemos considerar de dois tipos (fig. 1): Uma deformação δ_0, verificada instantâneamente após a aplicação da carga, com características puramente elásticas, e uma deformação função do tempo, $\delta_0\ \delta_1$ chamada deformação de *fluência*. Após a aplicação da solicitação, dar-se-á uma deformação elástica instantânea, continuando o material a ceder à medida que o tempo decorre, de tal modo que as deformações convergem para um limite quando t (tempo) tende para infinito. ($\lim \delta = \text{const}$, para $t = \infty$).

Estas deformações podem ser totalmente recuperadas, uma vez retirada a carga que as motivou, tal como acontece com as deformações elásticas, embora a recuperação não se verifique instantâneamente. Em virtude da deformação de *fluência* se ter processado ao longo de um intervalo de tempo bastante grande, a sua recuperação só se obtém decorrido um espaço de tempo aproximadamente igual aquele em que o material esteve em carga. Tais deformações convergem muito ràpidamente e, na maioria dos casos de aplicação prática, poderemos considerar de difícil medição



$0\delta_0$ — Deformação elástica após a carga
$\delta_0\delta_1$ — Deformação função do tempo
a b — Recuperação elástica após a descarga
b b_1 — Recuperação função do tempo

Fig. 1

as deformações que se possam vir a processar alguns dias depois de aplicada a carga, a não ser que as observações se efectuem com intervalos de tempo muitíssimo grandes.

Os maciços rochosos apresentam, por conseguinte, uma elasticidade que poderemos considerar retardada no tempo, admitindo-se, nestas condições, que os materiais em questão possuem um *módulo de elasticidade função do tempo.*

Por outro lado, as formações rochosas, como consequência das suas frequentes heterogeneidades, podem apresentar anisotropia elástica e um módulo de elasticidade função da tensão aplicada. Tais anomalias, poderão verificar-se com maior ou menor importância nas proximidades de zonas altamente fracturadas, estractificadas, diaclasadas ou com uma xistosidade bem definida. Ao meter em carga um terreno deste tipo, pode-

rão originar-se concentrações de tensões, as quais podem ultrapassar, em certas zonas, o limite de elasticidade da rocha, dando origem a deformações de conjunto não reversíveis no tempo. Nestas condições a deformabilidade média do maciço não será uma função linear da tensão instantâneamente aplicada. Para obviar a tal inconveniente, procede-se à injecção do terreno antes de este ser submetido à sua carga máxima, de modo a refechar todas as fendas existentes, procurando obter deste modo uma distribuição mais uniforme das solicitações e reduzir tanto quanto possível as heterogeneidades próprias das rochas naturais.

1.3 — *Tensões instaladas num contorno cilíndrico*

Para uma maior simplificação da exposição do método, formularemos as seguintes hipóteses a respeito das formações rochosas.

a) — *A rocha é isotrópica no que respeita às suas propriedades elásticas,*

b) — *As tensões instaladas na rocha nunca excedem o seu limite de elasticidade.*

c) — *A relação entre as tensões e as correspondentes extensões é expressa pela lei de HOOK.*

No decurso do presente trabalho, apresentaremos algumas considerações onde se procurará mostrar até que ponto o método proposto poderá solucionar alguns casos da prática, que não se encontram dentro do âmbito restrito das hipóteses anteriormente feitas.

Suponhamos então que a uma grande profundidade e sobre um terreno de fundação obedecendo às hipóteses anteriormente consideradas, se abria um furo cilíndrico, de comprimento indefinido, de secção circular e raio R (fig. 2).

Os esforços que se irão concentrar no contorno interior do furo, dependem do campo de tensões existente na formação rochosa antes de se ter praticado qualquer escavação, isto é, antes de ter sido perturbado o seu estado de equilíbrio. No caso particular do campo de tensões ser conhecido, a teoria da elasticidade fornece-nos expressões que nos permitem calcular as tensões que se irão instalar quer nas proximidades do furo quer sobre o seu contorno interior. Tais expressões foram deduzidas em 1898 por *KIRSCH* e constam de todos os livros de teoria da elasticidade (1).

(1) S. Timoshenko e Goodier, 1951, pág. 80.

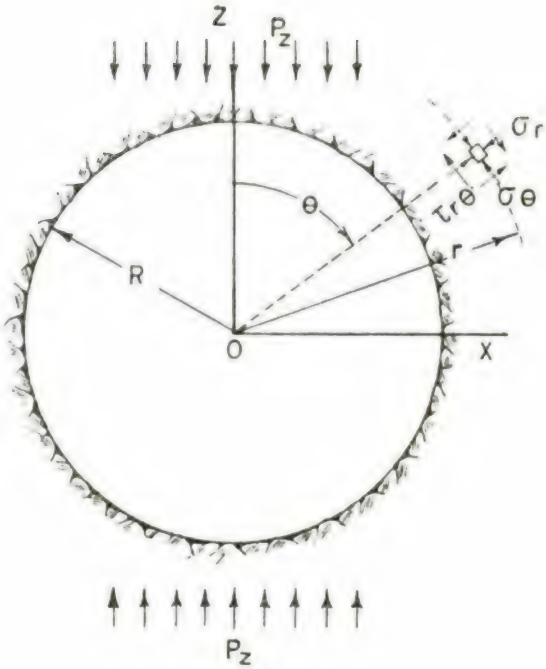


Fig. 2

Assim, se considerarmos a notação usada na fig. 2,

r, θ — Coordenadas polares de um ponto, tomando a origem de θ no eixo $O\ Z$

R — Raio do furo

P_z — Distribuição uniforme do campo de tensões segundo a direcção do eixo dos Z

P_x — Distribuição uniforme do campo de tensões segundo a direcção do eixo dos X

$\sigma r, \sigma_\theta$ — Tensões normais, radial (σr) e segundo a tangente (σ_θ).

σy — Tensão existente segundo a normal a σr e σ_θ

τr_θ — Tensão tangencial existente no plano r, θ

teremos num ponto $p\ (r, \theta)$ as seguintes tensões:

$$\sigma r = \frac{P_z}{2}\left(1-\frac{R^2}{r^2}\right) + \frac{P_z}{2}\left(1+\frac{3R^4}{r^4} - \frac{4R^2}{r^2}\right)\cos 2\theta$$

$$\sigma_\theta = \frac{P_z}{2}\left(1+\frac{R^2}{r^2}\right) - \frac{P_z}{2}\left(1+\frac{3R^4}{r^4}\right)\cos 2\theta \qquad (1)$$

$$\tau r_\theta = \frac{P_z}{2}\left(1-\frac{3R^4}{r^4}+\frac{2R^2}{r^2}\right)\operatorname{sen} 2\theta$$

As equações (1), foram deduzidas para um estado de equilíbrio plano, sendo aplicáveis ao

caso presente em virtude do campo de tensões actuar, por hipótese, em planos normais ao eixo do furo. Como as condições de contorno não permitem livres deslocamentos segundo o eixo do furo, teremos ainda de considerar as tensões σy, que em cada ponto se irão desenvolver segundo a normal a σr e σ_θ, as quais terão o valor

$$\sigma y = \mu\ (\sigma r + \sigma_\theta) \qquad (2)$$

em que μ representa o coeficiente de *Poisson* da formação rochosa, cujo valor oscila entre 0,10 e 0,20. Como se poderá concluir de (2), a tensão σy nunca atingirá valores muito elevados em face de σr e σ_θ, razão porque na maioria das aplicações práticas não é considerada.

Se o campo de tensões Px existente no maciço rochoso é uniforme e horizontal, as equações (1) podem ainda ser usadas para calcular a distribuição dos esforços no contorno do furo, desde que seja dada uma rotação de 90° aos eixos de referência, tal como se apresenta na fig. 3. Notando que $-\theta x = -(90-\theta)$, teremos:

$$\sigma r = \frac{P_x}{2}\left(1-\frac{R^2}{r^2}\right)-\frac{P_x}{2}\left(1+\frac{3R^4}{r^4}-\frac{4R^2}{r^2}\right)\cos 2\theta$$

$$\sigma_\theta = \frac{P_x}{2}\left(1+\frac{R^2}{r^2}\right)+\frac{P_x}{2}\left(1+\frac{3R^4}{r^4}\right)\cos 2\theta \qquad (3)$$

$$\tau r\theta = -\frac{P_x}{2}\left(1-\frac{3R^4}{r^4}+\frac{2R^2}{r^2}\right)\operatorname{sen} 2\theta$$

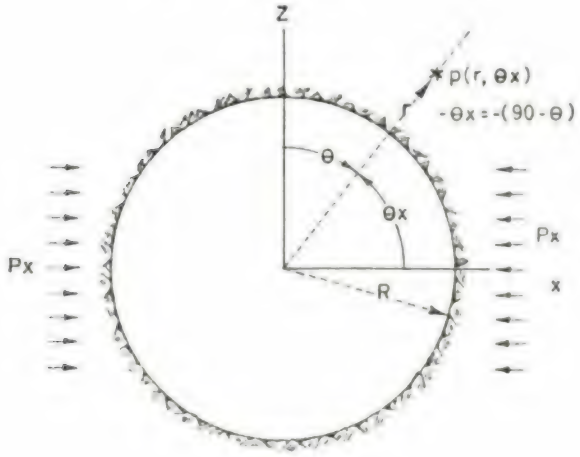


Fig. 3

1.4 — *Correlação entre a teoria e a prática*

Nos casos correntes da prática, não se pode conhecer *à priori* o valor e a direcção do campo de tensões P, existente em determinado maciço rochoso, nem se o mesmo é uniforme. Provàvelmente, actuará em todas as direcções, com valores que difìcilmente poderão ser fixados sem o risco de se cometerem grandes erros. Tais dificuldades não poderão ser removidas através de cálculos analíticos, pelo que teremos de lançar mão de métodos experimentais, conduzindo os ensaios sobre as próprias formações rochosas. Cada caso carece de um estudo especial, não sendo fácil estabelecer normas infalíveis que possam ser aplicadas com carácter de generalidade.

Pela análise das expressões (1) constata-se que para uma distribuição vertical e uniforme do campo de tensões Pz, teremos $\sigma r = 0$ e $\tau_\theta = 0$ sobre o contorno interior do furo, enquanto os valores de σ_θ passam por dois máximos e dois mínimos. Os máximos atingem o valor $3P_z$ para $\theta = \frac{\pi}{2}$ e $3\pi/2$, enquanto os mínimos se verificam para $\theta = 0$ e π, com o valor $-Pz$. Idênticas considerações poderiam ser feitas para pontos do interior do maciço rochoso, calculando os valores das tensões, aí instaladas, através das equações (1) fazendo $r > R$. Tais expressões encontrariam aplicação prática no caso de se tratar de um túnel de secção circular, escavado a pequena profundidade num terreno incoerente e onde apenas actuasse como solicitação o peso próprio das camadas sobrejacentes. Nessa hipótese, teríamos:

$$P_z = \pi\ .\ H \qquad (4)$$

Sendo π o peso específico do terreno e H a altura do recobrimento. Como fàcilmente se constata, o problema não pode ser encarado dentro de uma hipótese tão simplificadora visto não se poder apenas considerar um campo de tensões verticais. A deformabilidade do terreno, sob a acção das forças de massa bem como dos próprios movimentos orogénicos da crosta terrestre, irá provocar uma distribuição de tensões bastante diferente da anteriormente apresentada. Tal motivo, tem levado vários projectistas a adoptarem, na resolução de determinados problemas de carácter prático, duas componentes, uma vertical P_z, dada pela expressão (4) e outra horizontal P_H de valor

$$P_H = K\ .\ P_z \qquad (5)$$

atribuindo a K valores compreendidos entre 0,2 e 1,0 de acordo com a natureza do terreno.

A hipótese de considerar $K = 1{,}0$ coincide com a teoria de Heim (1), a qual estabelece: *A grandes profundidades as formações rochosas comportam-se sob a acção do peso próprio, como um material plástico, ou mesmo como um líquido, dando origem a uma distribuição hidrostática de tensões.* Tal teoria é hoje aceite sem grandes reservas quando se pretende projectar e construir uma obra que se desenvolve a grandes profundidades. A rocha nessas condições encontra-se submetida a um elevado estado de compressão o qual poderá resultar do peso das camadas subrejacentes, dos próprios movimentos da crosta terrestre, do próprio processo de formação do terreno, etc. No caso das rochas eruptivas, os magmas podem ter solidificado quando se encontravam submetidos a elevados estados de compressão. Por outro lado, determinadas formações sedimentares estiveram outrora submetidas ao peso de espessas camadas de terreno que desapareceram, a pouco e pouco, sob a acção da erosão. As camadas inferiores, que correspondem no estado actual aos nossos locais de fundação, sofreram deste modo uma acentuada consolidação que hoje impede uma dissipação rápida do estado de tensão que outrora existiu. Normalmente o estado de compressão aumenta com a profundidade.

Entre as componentes da tensão, σr, σ_θ e τr_θ fornecidas pelas expressões (1) aquela que mais interessa considerar, nos casos correntes da prática, é σ_θ dado o facto do seu valor condicionar, de certo modo, a segurança da obra.

Como anteriormente foi referido, a componente σ_θ pode atingir um valor triplo do campo de tensões existente na rocha—no caso do mesmo actuar apenas numa direcção — localizando-se o seu valor máximo no contorno interior do furo.

Quando considerada válida a teoria de Heim, actuarão simultâneamente os campos de tensões P_z e P_H, com $P_z = P_H$, sendo os valores de σr σ_θ e τr_θ obtidos por sobreposição de efeitos através das equações (1) e (3). Nestas condições teremos uma distribuição de tensões tal como se apresenta na fig. 4. A componente σ_θ, torna-se independente do ângulo θ, variando apenas com r.

Em qualquer ponto S do contorno interior do furo teremos $\sigma r = \tau r_\theta = 0$ e $\sigma_\theta = 2$ P. Para pontos exteriores ao contorno, σ_θ decresce com r até

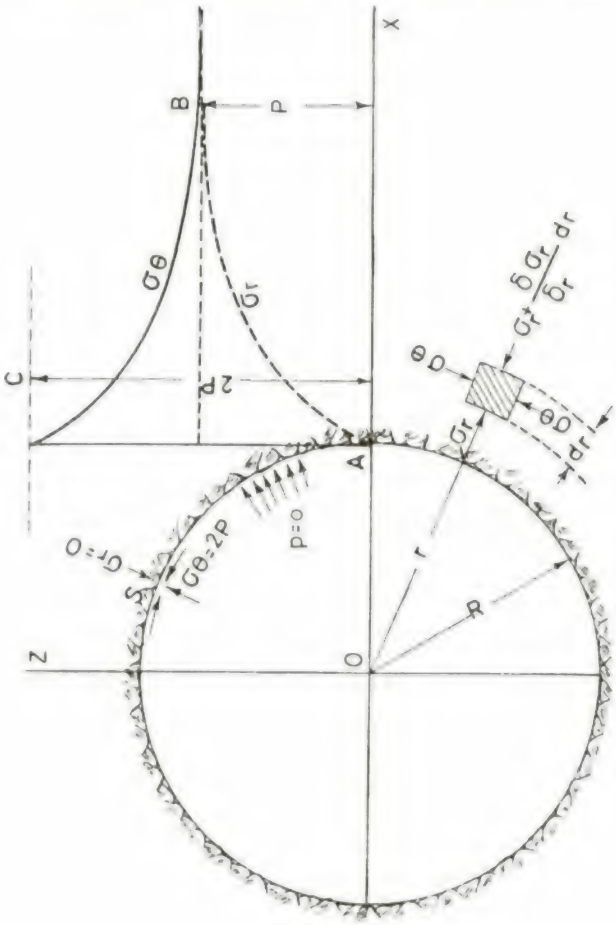


Fig. 4

atingir o valor da tensão hidrostática P existente no maciço rochoso, enquanto σr cresce com r desde zero até atingir o seu valor máximo P.

Além das componentes anteriormente referidas existirá ainda a tensão σy, normal a σr e σ_θ, de valor.

$$\sigma y = P + \mu\ (\sigma r + \sigma_\theta) \qquad (6)$$

1.5 — *Análise do problema sob o ponto de vista construtivo*

Quando se pretende projectar determinada obra subterrânea, os métodos construtivos deverão ser previstos com a antecedência necessária tendo em atenção as dificuldades, que possam surgir durante a escavação, motivadas pela natureza do terreno. Em seguida, impõe-se o conhecimento de pelo menos uma ordem de grandeza das solicitações que possìvelmente irão actuar

(1) A. Heim, «Tunnelbau und Gebirgsdruck». Naturf. Gesell, Zurich, vol. 50 (1905), p. 1.

A. Heim, «Einiger aus der Tunnelgeologie». Mitt Geot. Ges. Wien., vol. 1 (1908), p. 151.

sobre o revestimento a aplicar, a fim de se proceder ao seu dimensionamento.

Durante a escavação, quer o campo de tensões actuante seja vertical, horizontal ou hidrostático, observar-se-á sempre uma concentração de esforços, nas proximidades do contorno da secção escavada, de acordo com as expressões (1) e (3), a qual poderá atingir valores incompatíveis com a resistência mecânica da rocha. Se o limite de elasticidade for excedido em qualquer zona do contorno escavado, a rocha entrará em cedência e, dentro de um espaço de tempo mais ou menos longo, poderá ser levada à rotura. Poderá mesmo acontecer que determinadas formações se encontrem em equilíbrio plástico, submetidas a esforços que ultrapassam em muito a tensão de rotura da rocha e esta não possa romper, no local de jazida, pelo facto de se encontrar contida sob um estado de compressão mais ou menos uniforme. No entanto, uma vez que deixe de estar contida, o que acontece após a abertura da escavação, obtém-se imediatamente a rotura. Neste caso, a obra não poderá manter-se sem entivação, a qual irá substituir parte dos esforços que na formação rochosa foram libertados pela escavação. A entivação deverá pelo menos compensar as tensões que excederem o limite de elasticidade da rocha, sobre o contorno interior da secção escavada, condição mínima para que se possa manter o estado de equilíbrio.

Por vezes as formações rochosas embora submetidas no local de jazida a solicitações inferiores à tensão de rotura, encontram-se num estado de equilíbrio *plástico*, o qual poderá desaparecer com a escavação. Tratando-se de materiais que sofrem deformações *plásticas*, e tendo estado submetidos a determinados esforços durante muitos milhares de anos, processou-se um fenómeno de *fluência* a longo prazo. Deformações latentes de grande amplitude poderão vir a manifestar-se uma vez quebrado o estado de equilíbrio existente. Após a escavação da obra inicia-se imediatamente um fenómeno de *fluência* que poderá vir a contribuir para a estabilidade do revestimento ou para a sua destruição. Beneficiará a estabilidade do revestimento se este se destina a suportar pesados impulsos de dentro para fora, e contribuirá para a sua destruição no caso de se destinar exclusivamente a suportar impulsos de fora para dentro.

Numa obra revestida a betão, tal como a caverna duma central hidroeléctrica subterrânea, os deslocamentos provenientes da descompressibilidade da rocha podem vir a tornar-se incompatíveis com o revestimento, transferindo para este, esforços de tal modo elevados que poderão provocar a rotura.

No caso de se tratar de um túnel submetido a forte pressão interior, o estado de compressão existente na rocha, pode ser decisivo para manter a segurança do revestimento. Se as tensões de tracção transmitidas à rocha forem ligeiramente inferiores ao seu estado de compressão natural, mesmo que esta esteja fracturada, não haverá o perigo das fendas abrirem.

De uma maneira geral, para que possamos dimensionar ou prescindir do revestimento das obras subterrâneas, dentro de um critério de segurança econòmicamente aceitável, temos de conhecer o módulo de elasticidade das formações rochosas, a *fluência* que as mesmas podem vir a sofrer sob a acção de determinadas cargas permanentes e o seu estado de compressão natural.

Tanto a *fluência* como o módulo de elasticidade (1) «in situ» dependem grandemente do estado de compressão natural da rocha. Num grande número de casos práticos arbitram-se esses parâmetros com base na experiência ou por comparação com obras semelhantes, adoptando-se quase sempre, *à cautela*, soluções que não podem ser as mais económicas, especialmente quando se trata de obras de grande vulto. Salvo raros casos, de tais obras serem escavadas a pequena profundidade, em que o revestimento é dimensionado de acordo com as espessuras mínimas compatíveis com a técnica construtiva, só uma determinação experimental poderá fornecer elementos concretos, que sirvam de base ao projecto. Tal determinação terá de ser conduzida sobre as próprias formações rochosas e orientada por pessoal experiente, que possa decidir, em última análise, sobre o que convém ensaiar, tendo sempre em vista uma necessária extrapolação dos valores obtidos.

2 — SOLUÇÃO EXPERIMENTAL DO PROBLEMA

Várias têm sido as tentativas levadas a efeito, para determinar o estado de compressão exis-

(1) Módulo de elasticidade não instantâneo.

tente nas formações rochosas. Em primeiro lugar, tratando-se de uma determinação a grande profundidade, surge a dificuldade do acesso aos locais de ensaio, o qual só poderá ser realizado através de poços ou galerias.

Os métodos de ensaio actualmente existentes, baseiam-se na determinação de estados planos de tensão, instalados no contorno das secções escavadas. O problema, é sempre encarado sob o aspecto de uma determinação pontual do estado de compressão da rocha.

Alguns métodos baseiam-se na fixação de aparelhos de medida à rocha, libertando esta em seguida do campo de tensões existente. As extensões correspondentes à de descompressão total da rocha serão registadas nos aparelhos. Outros métodos, baseiam-se na medição das extensões provenientes da perturbação do campo de tensões existente na rocha, pela abertura de um furo nas proximidades dos aparelhos. Tanto num caso como no outro, o campo de tensões existente é calculado através da teoria da elasticidade com base nos resultados obtidos durante as medições e em face do conhecimento do módulo de elasticidade e coeficiente de *Poisson* da rocha, constantes estas determinadas no laboratório.

2.1 — *Método da descompressibilidade total da rocha*

Um grupo de 3 aparelhos de medida é convenientemente fixado à rocha de modo a tornar possível determinar as variações de comprimento sofridas pelos segmentos *ab*, *cd*, e *ef*, tal como se apresenta na fig. 5. Em seguida, a rocha é cortada de forma a que a zona que contém os aparelhos de medida seja libertada do campo de tensões.

Se representarmos por Δab, Δcd e Δef, as variações observadas, teremos para valores das extensões ε_1, ε_2, ε_3, as expressões (7)

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta\, a\, b}{a\, b}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta\, c\, d}{c\, d} \qquad (7)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{\Delta\, e\, f}{e\, f}$$

A partir do conhecimento de ε_1, ε_2, ε_3 e dos ângulos que as direcções observadas fazem entre si, é possível calcular, pela teoria da elasticidade, as extensões principais. Uma solução gráfica do problema poderá ser obtida através do círculo de Mohr, tal como se apresenta na fig. 6, para medições efectuadas segundo 3 direcções fazendo entre si ângulos de 60°.

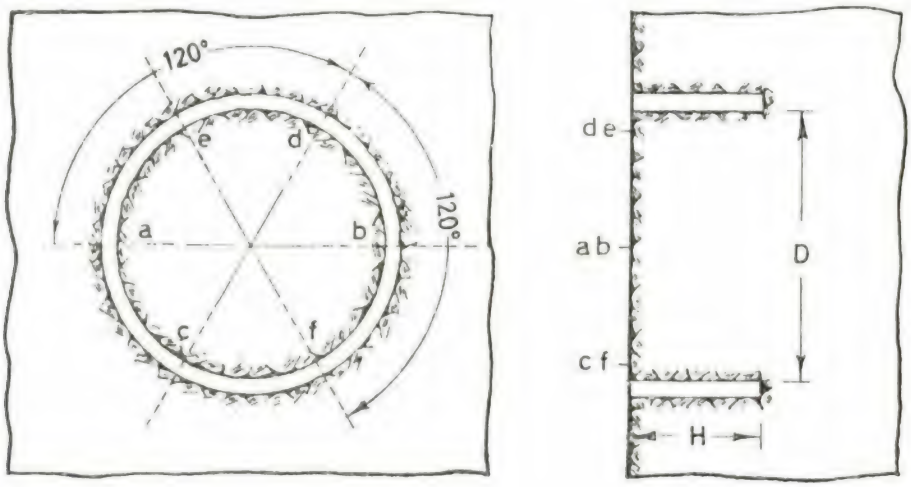


Fig. 5

$$\overline{OC} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{3}$$

$$\overline{OE} = \varepsilon_1 \qquad (8)$$

$$\overline{ED} = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_3}{\sqrt{3}}$$

Os valores apresentados em (8) permitem-nos traçar o círculo de Mohr das deformações (deslizamentos γ, extensões ε), o qual nos fornece

imediatamente os valores das extensões principais ε'_1 e ε'_2 bem como as suas direcções $\overline{BD}$ e $\overline{DA}$.

Para obter as tensões principais σ'_1 e σ'_2 torna-se necessário conhecer o valor do módulo de elasticidade da rocha E e o seu coeficiente de *Poisson* μ, fazendo em seguida uso da lei de Hook generalizada.

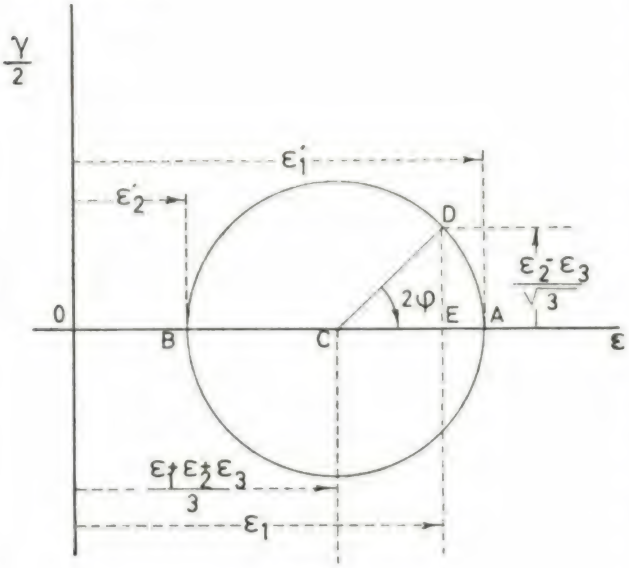


Fig. 6

As direcções das tensões principais, são as mesmas das extensões principais e a sua grandeza será dada pelas expressões (9).

$$\sigma'_1 = \frac{E}{1-\mu^2}(\varepsilon'_1 + \mu\,\varepsilon'_2)$$

$$\sigma'_2 = \frac{E}{1-\mu^2}(\varepsilon'_2 + \mu\,\varepsilon'_1) \qquad (9)$$

Os valores de E e μ determinam-se por meio de ensaios de laboratório conduzidos sobre amostras da rocha existente no local.

Embora este método seja viável sob o ponto de vista teórico, a sua aplicação contém algumas dificuldades de carácter prático. Trata-se de efectuar uma medição de extensões sobre a parede interior de uma galeria, a qual foi aberta pela aplicação de explosivos ou meios de tal modo violentos que abalam grandemente a rocha. Independentemente de tal facto, todas as medições serão realizadas numa zona perturbada do terreno, perturbação essa causada pela abertura da própria galeria.

A distribuição de tensões, dependerá da forma da secção escavada e até da maneira como foi efectuada a escavação, tornando-se difícil relacionar os valores medidos com os possíveis esforços inicialmente instalados. Por outro lado, a existência de diaclases, planos de xistosidade, fendas provocadas pelos explosivos, microfissuras correntemente verificadas na estrutura cristalina da rocha, etc., podem conduzir a falsas interpretações dos resultados obtidos. Bastará que nas proximidades dos aparelhos de medida exista uma fenda de alguns *microns* para que a medição resulte falseada. Poderão mesmo observar-se tensões de pele, provocadas por simples variações de temperatura da rocha, as quais não têm qualquer relação com a prè-compressão inicialmente existente. Além destes inconvenientes a técnica de aplicação é bastante delicada, no que respeita ao funcionamento dos aparelhos de medida durante as operações de corte da rocha. Todos os sistemas rotativos, usando como ferramenta de corte coroas de diamantes ou sucedâneos, necessitam ser arrefecidos com água sob pressão, o que impõe imediatatamente a utilização de aparelhos de medida estanques, além de introduzir variações de temperatura, diferentes estados de embebição da rocha, etc. Os sistemas de percussão, além das variações de temperatura provocadas pelo seu funcionamento, a sua violência introduzirá alterações na estrutura da própria rocha. Os resultados finais, ficarão ainda dependentes dos módulos de elasticidade medidos no laboratório. Deste modo, poderá ser introduzida mais uma causa de erro dado o facto do módulo de elasticidade de rochas naturais poder variar, em certos casos, do simples ao dobro, consoante a direcção da solicitação aplicada, como consequência da anisotropia elástica do material.

Nestas condições, parece haver grande vantagem em utilizar métodos que conduzam à determinação de valores globais do estado de compressão existente nas formações rochosas, entrando em linha de conta com as heterogeneidades próprias do terreno. Tais métodos adaptar-se-ão mais concretamente à realidade técnica, apresentando-se a determinação pontual como um caso puramente teórico, o qual poderá ter o seu campo de aplicação limitado aos materiais considerados perfeitamente homogéneos quando encarados sob o ponto de vista elástico.

3 — TEORIA DO MÉTODO PROPOSTO

Suponhamos que no interior de um maciço rochoso, sujeito a um campo de tensões P, que por simplicidade se considera hidrostático, se abria um furo cilíndrico de secção circular, raio R e comprimento indefinido. Dado o facto do campo de tensões existente na formação rochosa ter sido perturbado, irá instalar-se no contorno do furo uma concentração de esforços de acordo com a fig. 4. Nestas condições a rocha irá sofrer as correspondentes deformações tal como se especificou em (1.2). O material existente no contorno do furo, na altura em que este vai sendo aberto, irá sendo submetido a esforços Pi os quais darão origem a deformações δi (deformações instantâneas + deformações de *fluência*).

Admitindo que era possível traçar um diagrama de tensões (Pi) deformações (δi), para determinado ponto do contorno do furo, obter-se-ia um gráfico, tal como se apresenta na fig. 7.

deformação δ_1, encontrando-se essa situação representada (na fig. 7) pelo ponto A_1. O material continuará a sofrer deformações de *fluência*, as quais se encontram representadas pela parte superior do diagrama A_1 A'_1. Estas deformações convergem para um limite, de acordo com o gráfico da fig. 1.

Suponhamos agora que, por qualquer processo, aplicávamos sobre o contorno interior do furo uma pressão uniforme de valor $-P$ (1), em que P representa o valor da tensão hidrostática existente na formação rochosa. Tudo se passará como se tivéssemos realizado uma inversão total de esforços a qual levará novamente o maciço rochoso às condições inicialmente existentes, antes deste ter sido perturbado pela abertura do furo.

O diagrama correspondente a essa inversão, será representado por A'_1, A_2, C_1 (fig. 7) e, passado um intervalo de tempo suficientemente grande, a deformação δ'_3 tenderá para zero.

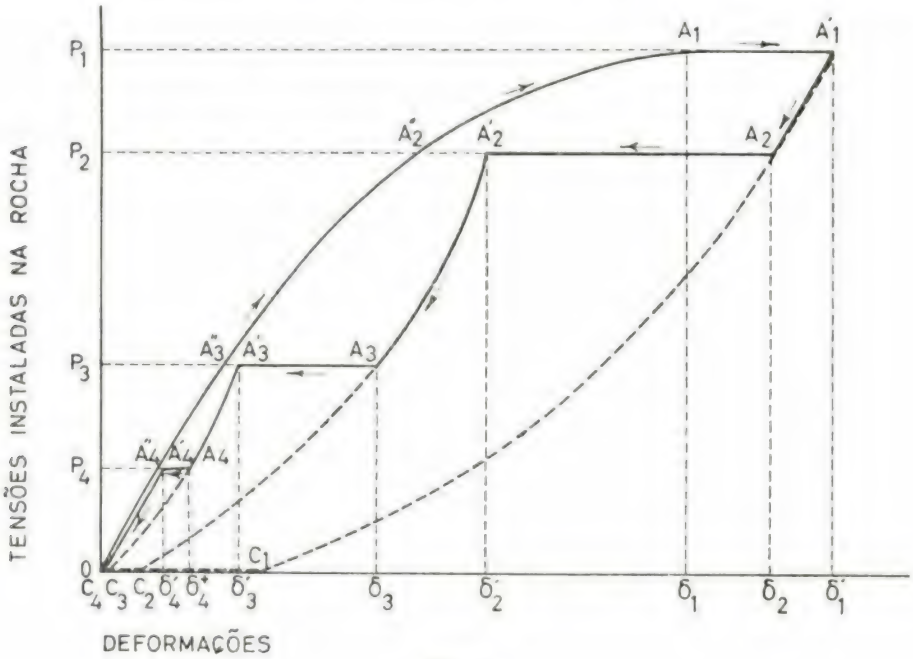


Fig. 7

Os pontos A''_4, A''_3, A''_2 e A_1 não se encontram segundo uma recta, dado o facto das tensões não terem sido aplicadas instantâneamente nem se ter procedido no mesmo instante á medição das respectivas deformações. Após a abertura do furo, o estado de tensão no ponto considerado, terá atingido o seu valor máximo P_1 (em que P_1 será uma função de P) e a respectiva

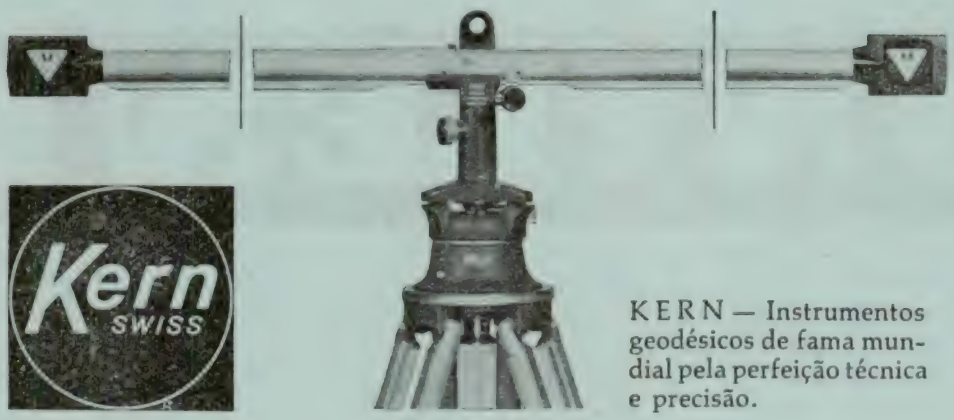
O material tenderá a recuperar totalmente a deformação de *fluência* A_1 A_1' processada enquanto esteve em carga.

O problema da determinação do estado de compressão existente no maciço rochoso, consis-

(1) O sinal (—) apenas indica que a pressão actua de dentro para fora.

Miras de base de invar Kern com 2 m de base para múltiplo emprego em medidas de distância de qualquer grau de exactidão. Insensíveis às influências de temperatura e robustas, apesar de leves.
Centragem forçada muito simples pelo estativo de centragem.

Peça o prospecto descritivo.



Kern SWISS

KERN — Instrumentos geodésicos de fama mundial pela perfeição técnica e precisão.

REPRESENTANTES PARA PORTUGAL:

EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS & C.ª, L.DA

RUA DE SANTO ANTÓNIO, 137-145 — PORTO — TEL. 20254/5
RUA ANTERO DE QUENTAL, 17-1.º — LISBOA — TEL. 53366

UNILENE

Os tubos de polietileno «UNILENE», os seus acessórios de plástico «UNI-PLAST» e o seu processo de montagem e soldadura estão aprovados pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, para:

CANALIZAÇÕES DE ÁGUA — Proc. 217-III

E

CANALIZAÇÕES DE ESGOTO DOMÉSTICO — Proc. 228-III

UNILENE

SOCIEDADE FABRIL DE MATÉRIAS PLÁSTICAS

PORTO
RUA DO HEROÍSMO, 291
Telef. 5 26 71

LISBOA
RUA DA EMENDA, 19
Telef. 2 04 48

COIMBRA
AV. FERNÃO DE MAGALHÃES, 282
Telef. 2 69 84

tirá, em última análise, em conhecer o valor da pressão $-P$ que anula todas as tensões instaladas durante a abertura do furo.

Suponhamos então que aplicávamos dentro do furo uma pressão de valor $-(P_1 - P_2)$. Tal solicitação irá provocar uma inversão de esforços, pelo que teremos imediatamente uma deformação instantânea $-(\delta'_1 - \delta_2)$ e uma deformação de *fluência* $-(A_2 - A'_2)$ ao fim de um certo intervalo de tempo. Se o intervalo de tempo for suficientemente grande, A'_2 deverá coincidir com A''_2. Poderemos em seguida aplicar uma pressão $-(P_1 - P_3)$, à qual corresponderá uma deformação instantânea $-(\delta'_2 - \delta_3)$ e uma deformação de *fluência* $-(A_3 - A'_3)$, etc. Como se poderá constatar do gráfico apresentado na fig. 7, os valores absolutos das deformações de *fluência*, decrescem contìnuamente com os acréscimos da pressão. Nestas condições poderemos conhecer qual o valor da pressão que inverte o sentido das deformações de *fluência*, o que constitui a solução do problema. Essa será a tensão que inicialmente existia nas formações rochosas.

Trata-se por conseguinte de um método de aproximações sucessivas, cuja precisão depende da técnica adoptada para determinar o sentido das deformações de *fluência*. No que se refere a pressão, não tem qualquer interesse uma grande precisão das medidas.

4 — TÉCNICA DE APLICAÇÃO PRÁTICA

Durante os últimos anos tem-se verificado um acentuado progresso das técnicas de perfuração mecânica de rochas, especialmente no que se refere a grandes diâmetros. Deste modo, torna-se econòmicamente viável conduzir os ensaios em questão, no interior de um furo de grande diâmetro convenientemente preparado para tal fim.

Utilizando a técnica que se propõe, torna-se possível determinar no local de jazida, com uma única montagem, o módulo de elasticidade da rocha, a *fluência* que a mesma sofre sob a acção de determinada carga permanente e ainda o seu estado de compressão natural. Para uma maior simplicidade de exposição vamos admitir a hipótese de se pretender determinar o estado de compressão natural de uma formação rochosa na qual se encontra já aberta determinada galeria. Se a determinação for efectuada nas proximidades das paredes da galeria, o estado de compressão da rocha existente nessa zona encontra-se perturbado. Deste modo, podemos obter valores menos exactos pois de acordo com a teoria de Heim existirá sobre o contorno da galeria um estado de compressão duplo daquele que existia inicialmente, se a secção escavada for circular.

A hipótese da secção circular, raramente se poderá apresentar em face das técnicas de escavação adoptadas. No entanto, poderemos admitir tal hipótese ao pretender calcular a distância até onde se faz sentir a concentração de tensões.

Através das expressões (1) e (3) é fácil concluir que para $r > 3R$ vem

$$\sigma_\theta < 1{,}1\ P \qquad (11)$$

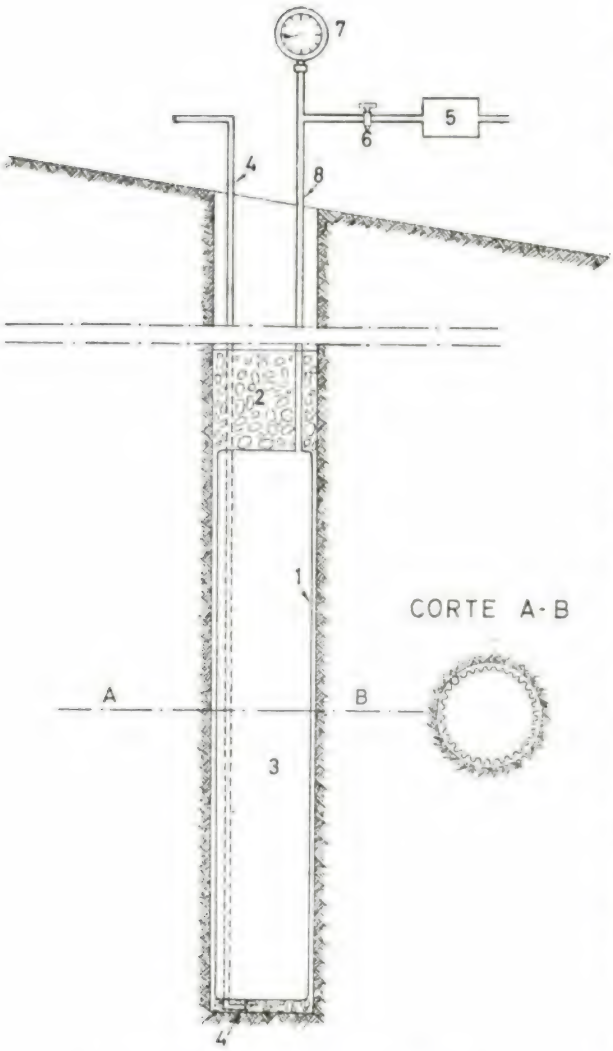
Nestas condições se os ensaios forem conduzidos sobre um troço do furo de ensaio, que esteja a uma distância da galeria de acesso superior a $3R$ (1), não existirá outra perturbação na formação rochosa que não seja a que interessa determinar e que constitui a base do método exposto.

4.1 — *Esquema da montagem*

Na fig. 8 encontra-se um esquema da montagem a realizar. As pressões no interior do furo, serão aplicadas por intermédio de um líquido sob pressão *3* contido no recipiente metálico altamente deformável *1* que se ajusta fàcilmente às paredes. A deformabilidade do revestimento poderá ser conseguida pela utilização de metais de baixo módulo de elasticidade, tais como o chumbo, o zinco, etc., ou por intermédio de chapa de aço canulada longitudinalmente, tal como se apresenta na figura. O recipiente metálico, contendo o líquido, será introduzido dentro do furo, ajustado às paredes, e refechado por intermédio de um tampão de betão 2. Em seguida, para estabelecer um contacto íntimo entre o revestimento e a rocha e para refechar quaisquer fendas existentes, o conjunto é injectado a baixa pressão com calda de cimento introduzida através do tubo 4. A pressão de injecção, poderá ser *controlada* através do manómetro *7*, dada a flexibilidade do revestimento metálico. Uma tubagem para admissão de líquido *8* ligada a uma bomba de injecção *5* e a um sistema medidor de pressões *7*, completam a montagem.

---

(1) *R* raio da galeria de acesso.



1 — Revestimento metálico flexível
2 — Rolhão de betão
3 — Líquido
4 — Tubo para injecção de cimento
5 — Bomba de injecção
6 — Torneira
7 — Manómetro
8 — Tubo para injecção

Fig. 8

4.2 — *Utilização da montagem*

Para proceder à determinação das tensões existentes na rocha, bastará aplicar ràpidamente determinada pressão e verificar o sinal da *fluência*. Como fàcilmente se compreenderá, o sentido da *fluência* traduzir-se-á por uma variação positiva ou negativa da pressão aplicada. Se a pressão aumentar ou baixar, à medida que o tempo decorre, assim o estado de compressão é inferior ou superior à pressão aplicada.

No caso do terreno possuir tensões internas, poderemos ir aumentando progressivamente a pressão até anular as deformações de *fluência* ou lhes mudar o sinal. O valor da pressão que anula as deformações de *fluência*, independentemente do tempo que possa decorrer, coincidirá com a compressão natural existente na formação rochosa.

Utilizando a montagem apresentada, poderemos determinar simultâneamente o módulo de elasticidade e a *fluência* da rocha, desde que ao tubo de aspiração da bomba seja adaptada uma proveta graduada e se faça a medição do líquido admitido (elásticamente) em função das pressões aplicadas. De igual modo o método apresentado poderá ser generalizado para a determinação de impulsos activos e passivos de maciços terrosos.

5 — CONCLUSÕES

O método apresentado, não conduz a uma determinação do estado de tensão existente nas formações rochosas, dentro da concepção clássica preconizada pela teoria da elasticidade. Tal técnica, fornecerá um valor médio global do estado de compressão da rocha, segundo planos normais ao troço do furo carregado.

Os ensaios poderão ser conduzidos em zonas não perturbadas pelos explosivos pois a abertura do furo, a *diamantes* ou a *granalha*, não afectará de forma alguma a estrutura da rocha.

O facto de não se tratar de um método de determinação pontual do estado de tensão, apresenta a vantagem de se adaptar mais concretamente as condições impostas pela natureza, no que diz respeito às heterogeneidades próprias dos maciços rochosos. Os resultados obtidos, terão em conta a influência de fendas, diaclases, xistosidades mais ou menos definidas, existentes no troço ensaiado. Em última análise, o construtor terá sempre de fazer uso de valores extrapolados. Nestas condições apenas um valor médio global poderá ter qualquer interesse nos casos correntes da prática.

O que normalmente interessa ao projectista, é saber se o valor médio da compressão existente no terreno é superior ou inferior a determinado valor, condição essa a que o método exposto se adapta perfeitamente.

SUMÁRIO

O presente trabalho, contém a descrição de um novo método de medição do estado de compressão natural existente nos maciços rochosos. A aplicação da técnica proposta permitirá a determinação simultânea do módulo de elasticidade das formações rochosas, *fluência* que as mesmas podem sofrer sob a acção de determinada carga permanente e ainda o seu estado de compressão natural.

Depois de se focarem alguns aspectos do problema das tensões residuais, quer sob o ponto de vista teórico quer sob o ponto de vista construtivo, estabelecem-se as bases do método e a técnica da sua aplicação.

RÉSUMÉ

Le présent rapport contient la description d'une nouvelle méthode de mesure de l'état de compression naturelle qui existe dans les massifs rocheux. L'application de la technique en question permettra de déterminer simultanément le module d'élasticité des formations rocheuses, le *fluage* que celles-ci peuvent souffrir sous l'action d'une charge permanente, et encore leur état de compression naturelle.

Après avoir fait ressortir quelques aspects du problème des contraintes résiduelles, tant du point de vue théorique que du point de vue constructif, on établit les bases de la méthode et la technique de son application.

SUMMARY

The present work contains the description of a new method for measuring the state of natural compression which exists in rocky formations. The application of this technique will make it possible to determine simultaneously the modulus of elasticity of rocky formations, the *creep* that these formations may suffer under the action of a given permanent load and also their state of natural compression.

After considering some aspects of the problem of residual stresses, both from the theoretic and from the constructional point of view, the bases of the method are established as well as the technique for its application.

C. D. U. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 92,7 % dos totais do País.*

SETEMBRO

I — Breve nota mensal

Sob o ponto de vista hidrológico, o mês de Setembro apresentou-se, no conjunto, bastante acima da média.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1958	1959	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	206,6	216,1	+ 5
Produção térmica (P_t)	0,7	0,0	— 100
Produção total (P_T)	207,3	216,1	+ 4
Cons. não perman. (C_{np}) (1)	49,4	49,1	— 1
Cons. permanentes (C_p) . . (1)	141,5	152,3	+ 7,6 (2)
Consumo total (C_T) . . . . (1)	190,9	201,4	+ 6

b) Acumulados desde 1 de Janeiro de 1959

	1958	1959	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	1729,9	2014,6	+ 16
Produção térmica (P_t)	40,0	14,4	— 64
Produção total (P_T)	1769,9	2029,0	+ 15
Cons. não perman. (C_{np}) (1)	406,4	515,4	+ 27
Cons. permanentes (C_p). . . (1)	1267,7	1419,8	+12,0 (2)
Consumo total (C_T) . . . . . (1)	1674,1	1935,2	+ 16

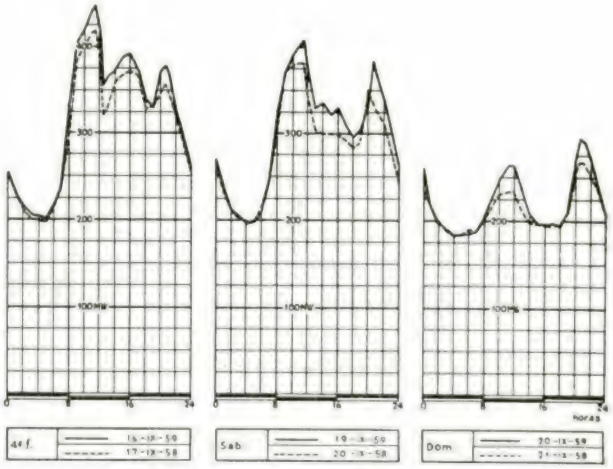
Notas:

(1) Vidé nota referente a Jan. 1959.

(2) O aumento percentual dos consumos permanentes, tendo em conta a incidência dos domingos e dias especiais, foi respectivamente de 8,1 e 12,0 %.

III — Diagrama de carga dos dias característicos

	4.ª feira: 17-9-958	4.ª feira: 16-9-959
Produção hidráulica (P_h) — MWh	7338	7802
Produção térmica (P_t) — MWh . .	135	0
Produção total (P_T) — MWh . . .	7473	7802
Produção para consumos não permanentes — MWh.	—	—
Utilização da ponta (U) — horas	17,9	17,4
Factor de carga (α)	0,75	0,72
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,47	0,45



III — Energia armazenada nas principais albufeiras

Albufeiras:	No fim do mês: GWh	No fim do mês: % (1)
Paradela	0,0	0,0
Venda Nova	53,8	42,0
Salamonde	19,7	71,4
Caniçada	21,0	63,4
Guilhofrei	4,0	48,2
Lagoa Comprida	14,5 (2)	45,6
Santa Luzia	0,0	0,0
Cabril :	176,0	51,9
Castelo do Bode	132,8	81,5
Pracana	4,2	32,6
Póvoa	4,6 (3)	29,8
Total . . .	430,6	38,7

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras.

(2) Inclui 1,1 GWh armazenados em Vale do Rossim.

(3) Inclui 1,5 GWh armazenados no açude do Poio.

CEKOP
Comércio Exportador de Equipamento
Fabril e Instalações Completas
Varsóvia, Mokotowska 49, Poland
P. O. Box 112
Planos e fornecimentos
Baixa e alta voltagem até 220 KV

"CIMENTOL 25"

o novo produto alemão ao serviço da **Construção Civil.**

O **«CIMENTOL 25»** aumenta as resistências dos betões à flexão e à compressão, quer aos 7 dias, quer aos 28 dias, em cerca de 10 % em média.

Usado na proporção de 25 c. c. por cada saco de 50 kg de cimento, obtém-se:

— diminuição da água de amassadura;
— aumento das resistências mecânicas do betão;
— boa trabalhidade;
— facilidade de moldagem, podendo o betão ser transportado por bombas, sem segregar;
— depois do betão endurecido, superfícies lisas.

O **«CIMENTOL 25»** foi ensaiado no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, tendo-se verificado as propriedades mencionadas.

Fornecem-se amostras grátis

Representante em Portugal e Ultramar:

JORGE MILNE CARMO

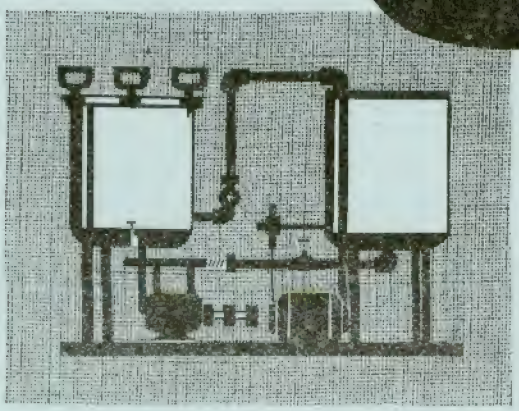
Rua Frei Francisco Foreiro, 2 — 3.º D. — LISBOA **Telefs. 4 32 81 e 4 48 61**

filtros FILFRO, L.da

ALGUMAS DAS PRINCIPAIS APLICAÇÕES:

Água • Açúcar • Óleos vegetais, animais e minerais • Cerveja
Sabão líquido • Resinas naturais e sintéticas • Vinhos • Vinagre
Glicerina • Tintas • Vernizes
Sumos de frutos • Xaropes
Azeite • Industria química

FILTROS NACIONAIS PARA TODOS OS PROBLEMAS DE FILTRAÇÃO



Inteiramente fabricados em Portugal, por técnicos e operários portugueses, segundo a patente port. n.º 29.917

Dezenas de instalações a funcionar no país atestam a sua excelente qualidade.

RUA CAPITÃO FILIPE DE SOUSA, 128
CALDAS DA RAINHA

FILTROS FILFRO, L.da PORTUGAL

C. D. U. 625.711.1 (6:469)

ESTRADAS DE BAIXO CUSTO

Relatório Português apresentado ao XI Congresso Internacional da Estrada, Rio de Janeiro, 1959

MANUEL PIMENTEL DOS SANTOS
Engenheiro Civil
Secretário Provincial de Moçambique
(Obras Públicas, Comunicações e Transportes)

GERMANO J. VENADE
Engenheiro-Civil
Director dos Serviços de Melhoramentos Rurais da Direcção-Geral dos Serviços de Urbanização do Ministério das Obras Públicas (Lisboa)

HENRIQUE N. FERREIRA
Engenheiro-Chefe, Laboratório de Engenharia Civil de Angola (Luanda)

AURÉLIO A. MARTINS
Engenheiro-Chefe de Secção, Laboratório de Ensaios de Materiais e Mecânica do Solo de Moçambique (Lourenço Marques)

ÚLPIO DO NASCIMENTO
Engenheiro-Investigador, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Lisboa)

CARLOS A. AIRES
Engenheiro-Chefe, Serviços de Obras Públicas, Portos e Transportes da Guiné (Bissau)

ANTÓNIO S. FERREIRA
Engenheiro, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Lisboa)

Introduction

1 — The study of the problems related to «low cost roads», comitted to Question 4, follows a different criterion from the one adopted for the X Congress (Istanbul, 1955) when a distinction was made between «lightly trafficked roads in rural areas» and «road in under-developed areas». Now both aspects are to be discussed under one heading.

2 — In a country like Portugal, which extends beyond its European territory of the Mother Country to vast regions in Africa, Asia and Australasia, the artificiality of such a criterion is more sharply felt. Thus, in Europe, the «low cost roads» are the secondary roads, latest ramifications of the highway network, of purely local interest and the purpose of which is to connect small urban or rural populational centres to the roads, that are more important and of general interest. It is possible to predict quite closely the traffic they will carry right from the time they come into use, and their construction ties in with a need of the moment of the country or region which they serve.

3 — In the overseas territories on the other hand, the «low cost roads» make up almost the whole of the higway network, constituting a notable factor of economic development, whether through the creation of needs, the opening of new zones to production, or the acceleration of the circulation of goods. Consequently the traffic, low to start with, undergoes a rapid evolution which it is almost always impossible to determine even approximately beforehand by the usual statistical methods.

4 — There is therefore a very great difference in the conditions which characterize one or the other category of road, a fact which is the geometrical characteristics of the layouts, types of pavemen, economy of exploitation, etc. For this very reason we think it woul be all to the good to again separate the study of the two situations in future Congresses.

Résumé

Etant donné la nette différenciation existant entre les problèmes des «routes à faible prix de revient» des territoires évolués et ceux des territoires sous-développés, l'avantage de la réunion des sujets sous une seule question ne se reconnaît pas tandis que dans la Métropole le réssau de ce type forme le plus bas degré de la hiérarchie routière, Outre-Mer il comprend la grande majorité du système routier.

Même les caractéristiques géométriques accusent l'influence de cette diversité de situations, puisque Outre-Mer il est nécessaire de les projeter avec une largeur suffisante pour prévenir large marge d'évolution admissible dans l'avenir, tandis que dans la Métropole il est possible de prévoir avec une certaine assurance quelle sera la phase finale de cette évolution.

La construction progressive se réduit, dans la Métropole, à de simples aménagements de la couche de roulement, tandis que dans les pays d'Outre--Mer une large échelle de types de revêtements sucessivement adaptés aux besoins du trafic se développe.

L'entrectien des routes — pour lequel la Métropole peut encore s'assurer suffisament de maind'oeuvre — oblige par contre, Outre-Mer, à une mécanisation intensive qui impose la solution préalable de problèmes tels que celui de l'assistance technique et celui des pièces de rechange.

Dans la limitation des tonnages et des charges par essieu il faut tenir compte de l'homogénéité maximum possible de tout le réseau routier.

L'usage de latérites et de sols latéritiques dans la construction de chaussées en Afrique, depuis longtemps préconisé dans des conditions empiriques, peut se baser sur les régles établies tecnhiquement et scientifiquement, en tenant compte des recherches en cours dans les territoires portugais.

Les soils noirs à coton sont susceptibles d'emploi dans le sous-sol de la route et aussi comme matériaus de mélange en chaussée mécaniquemente stabilisée, pourvu que des restrictions indispensables et des méthodes appropriées de projects, de construction et de contrôle soient adoptées.

Un drainage convenable doit être l'objéctif principal de l'Ingénieur routier, soit quant aux eaux superficielles, soit quant à la protection et au contrôle des eaux sousterraines et de leurs mouvements.

Egalement la protection contre l'erosion de la plataforme, des talus de remblais ou de déblais, des fossés et des fundations des petits ouvrages d'art, ne doit pas être négligée.

Introdução

1 — O estudo dos problemas relacionados com as «estradas de baixo custo», cometido à 4.ª Questão, segue critério diverso do adoptado no X Congresso (Istambul, 1955). Neste, fez-se distinção entre «estradas rurais pouco frequentadas» e «estradas em países sub-desenvolvidos». Agora, pretendem reunir-se numa discussão conjunta ambos os aspectos.

2 — Num país como Portugal, que além do território europeu da Mãe Pátria, se estende por vastas regiões da África, Ásia e Austrália, sente-se mais nìtidamente o artificialismo de tal critério. Assim, na Europa, as estradas de baixo custo são as estradas secundárias, últimas ramificações da rede rodoviária, de interesse puramente local, e cujo objectivo é a ligação dos pequenos centros populacionais urbanos ou rurais às estradas mais importantes e de interesse geral. O seu tráfego é previsível com certa aproximação desde o início da exploração e a sua construção corresponde a uma necessidade actual do país ou região que servem.

3 — Pelo contrário, nos territórios ultramarinos, as estradas de baixo custo constituem a quase

totalidade da rede rodoviária, constituindo notável factor de desenvolvimento económico, quer pela criação de necessidades, quer pela abertura de novas zonas à produção, quer, ainda, pela aceleração da circulação dos produtos. Daí resulta que o tráfego, inicialmente reduzido, sofre uma rápida evolução, que é quase sempre impossível de prevêr com aproximação pelos usuais métodos estatísticos.

4 — São assim profundamente diferentes os condicionamentos que caracterizam uma ou outra categoria de estradas, o que se reflecte nas características geométricas dos traçados, tipos de pavimentos, economia da exploração, etc. Por isso mesmo, julgamos haver vantagem em que, em futuros Congressos, se separe novamente o estudo das duas situações.

Rede primária

5 — Em face do que acima se expõe, é óbvio que, no que respeita à Mãe Pátria, a rede primária de estradas de baixo custo é, afinal, coincidente com o que a legislação portuguesa classifica de rede de vias secundárias, constituindo a última categoria de classificação oficial, ou sejam as estradas e caminhos municipais. No seu projecto, devem ter-se em conta os seguintes pontos:

1.º — Tráfego de veículos automóveis muito menos intenso que nas estradas de categoria superior.

2.º — Necessidade de homogeneidade nas condições de utilização com a da rede superior, que funciona em relação à rede municipal como «colectora» e «alimentadora».

3.º — Percentagem importante de veículos de aro metálico.

6 — A situação é totalmente diferente no que respeita aos territórios ultramarinos, nomeadamente Moçambique, Angola e Guiné. Pelo que respeita a Angola e Moçambique, pode resumir-se o problema nos seguintes aspectos:

1.º — Intensidade média de tráfico diário relativamente baixa, no que respeita ao número de veículos, mas com predominância de camiões pesados; tonelagem transportada média ou baixa; valor da carga transportada elevada ou média. Nas imediações dos grandes centros de população o tráfego aumenta muito de intensidade.

2.º — Predominância dos longos itinerários e tráfego proveniente, muitas vezes, das zonas localizadas nos seus extremos; baixa densidade populacional nas zonas circunjacentes.

3.º — Tendência ao aumento de velocidade de transporte, de tonelagem, carga por eixo e pressão dos pneus; uso de atrelados.

4.º — Condições geográficas desfavoráveis; em Moçambique existência duma vasta zona aluvionar de baixa altitude, atravessada por numerosos rios de planície, sujeitos a cheias violentas e, em grande parte dessa zona, ausência completa de pedra; em Angola, solos argilosos difíceis na zona litoral onde se localizam as principais estradas.

5.º — Condições climáticas difíceis, pelo facto da existência de duas estações bem definidas, uma seca, outra de chuvas intensas.

6.º — Existência em vastas regiões de laterites, solos lateríticos e outros tipos de solos de fácil estabilização.

7.º — Limitada capacidade financeira das Províncias, em face da grande extensão da rede rodoviária necessária.

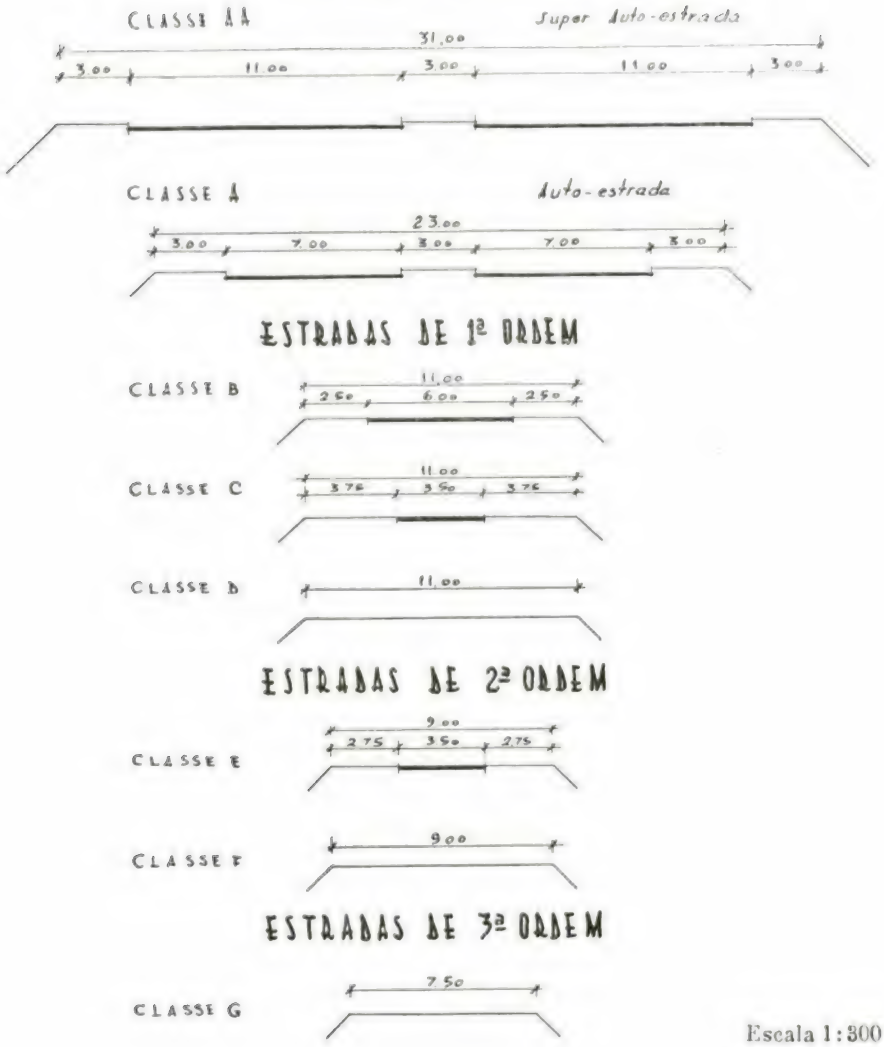
Características geométricas

7 — O critério seguido na Metrópole quanto às características geométricas das estradas municipais, está fixado em diploma legal. Os valores adoptados, em planta e em perfil longitudinal, podem encontrar-se no Relatório Português de 3.ª Questão do Congresso de Istambul.

8 — Para o caso das Províncias Ultramarinas, tomaremos como típicas as disposições em vigôr em Moçambique. Até há pouco, obedeciam aos valores indicados, também, no mesmo Relatório Português da 3.ª Questão do Congresso de Istambul. Mas reconheceu-se ser necessário, em matéria de tanta importância para o desenvolvimento económico da Província, abrir largo crédito ao futuro, para que não aconteça ser necessário a breve prazo alargar plataformas de estradas construídas há pouco tempo e melhorar as suas restantes características geométricas. Assim, considerou-se uma nova classificação de estradas baseada nas seguintes características (fig. 1):

MAPA N.º 1

Perfis Tipo das Estradas



Escala 1:300

Estradas de 1.ª ordem: Destinadas a estabelecer a ligação entre as sedes dos distritos e entre estas e a fronteira ou postos importantes; utilizam-se também fora destes casos sempre que a intensidade de tráfico o justifique. Podem ser das seguintes classes:

Classe B: Tráfego compreendido entre 100 e 4.000 veículos/dia. Largura de plataforma 11,00 metros; largura do pavimento asfáltico 6,00 metros.

Classe C: Tráfego compreendido entre 50 e 100 veículos/dia. Largura da plataforma 11,00 metros; largura do pavimento asfáltico 3,50 metros.

Classe D: Tráfego inferior a 50 carros/dia; largura da plataforma 11,00 metros; pavimento em solo estabilizado.

Estradas de 2.ª ordem: São de interesse regional, destinando-se a estabelecer as ligações entre as sedes dos concelhos ou circunscrições e entre estas e as estradas de 1.ª ordem, centros industriais ou agrícolas importantes, etc. Abrangem as seguintes classes:

Classe E: Tráfego compreendido entre 50 e 100 veículos dia. Largura da plataforma 9,00 metros; largura do pavimento asfáltico 3,50 metros.

Classe F: Tráfego inferior a 50 veículos/dia. Largura da plataforma 9,00 metros; pavimento em solo estabilizado.

Estradas de 3.ª ordem: São de interesse local, destinando-se às ligações entre as sedes das cir-

cunscrições e os postos administrativos e as pequenas povoações. Abrangem uma única classe:

Classe G: Tráfego inferior a 50 veículos/dia. Pavimento em solo estabilizado.

9 — As larguras indicadas serão susceptíveis de redução no caso de grandes movimentos de terras (mais de 8.000 m. c./Km) ou em terrenos montanhosos.

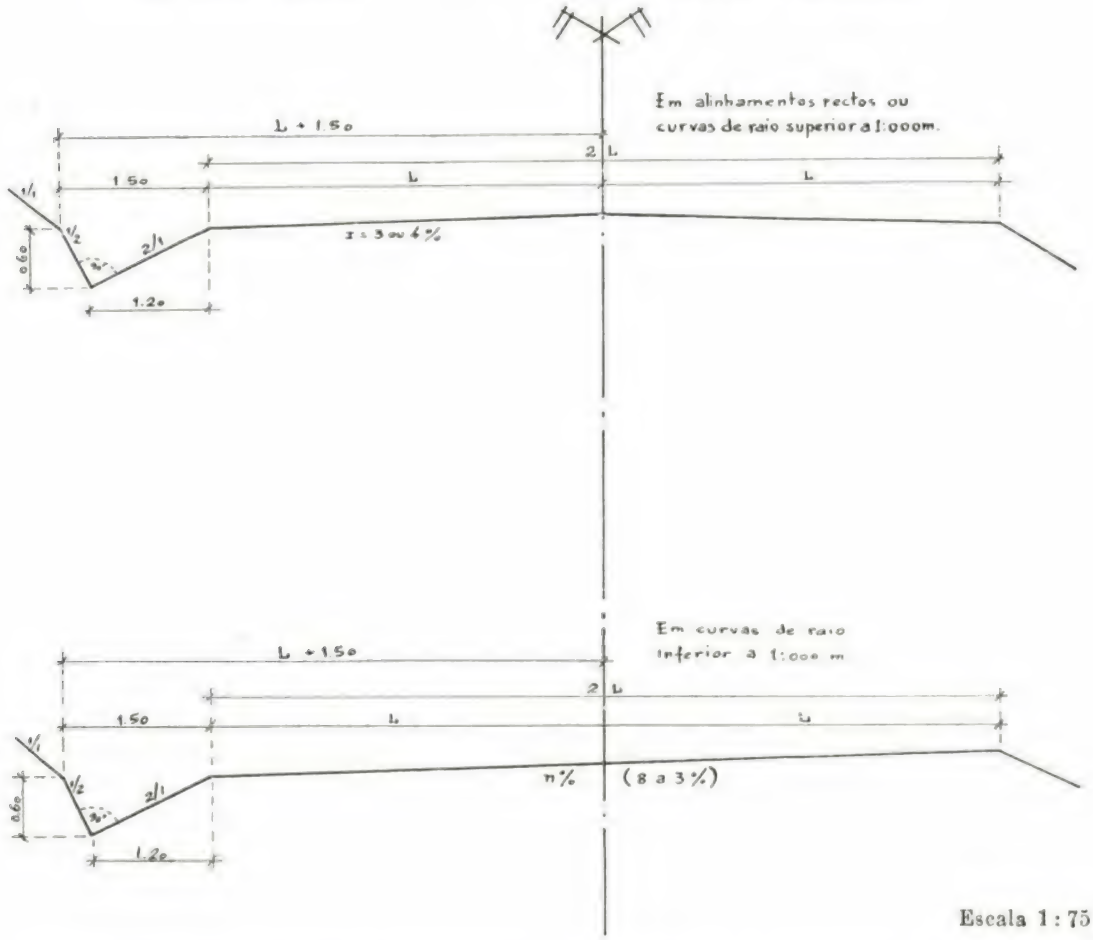
Estes valores poderão ser aumentados, em regiões acidentadas ou de montanha, segundo valores também fixados.

b) — *Raios mínimos de concordância de traineis consecutivos:*

Entre dois traineis consecutivos de inclinações diferentes, intercalar-se-ão curvas de concordância circulares ou parabólicas, de raios dependentes

MAPA N.º 2

Perfis transversais — Tipo de plataformas



Escala 1 : 75

10 — Os perfis transversais tipos de plataformas e pavimentos serão os indicados nas figs. 2 e 3.

11 — Outras das principais características geométricas consideradas serão as seguintes:

a) — *Inclinações em perfil longitudinal:*

Classes B, C e D	5 %
Classes E e F	6 %
Classe G	7 %

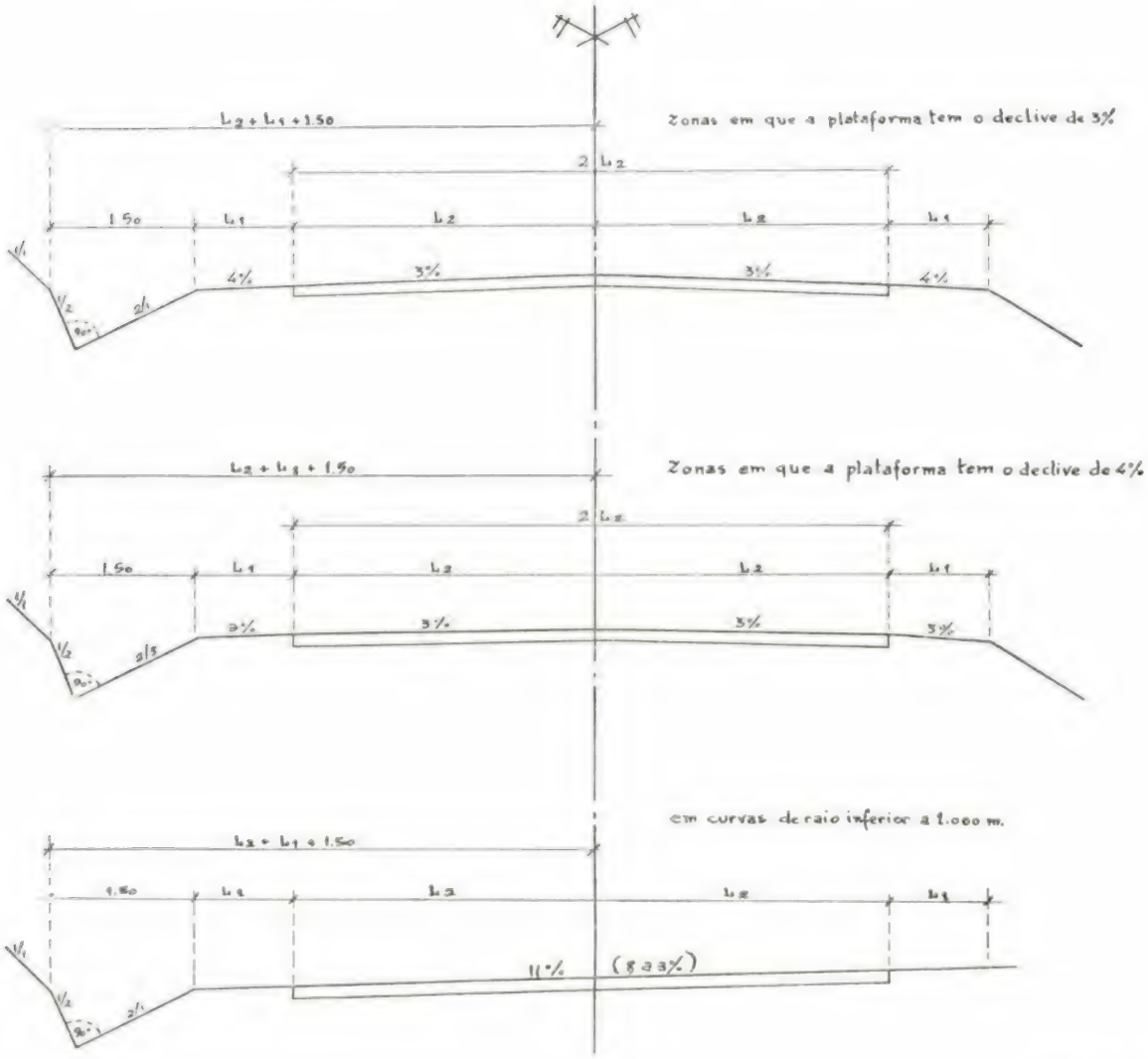
da disposição e inclinação dos traineis e com a velocidade admitida na circulação. Seguir-se-ão os seguintes valores mínimos:

Concordância convexa: as distâncias mínimas de visibilidade, entre dois pontos colocados à altura de 1,25 m, sobre a plataforma, devem ser:

Classes B, C e D . . .	180 metros
Classes E e F	150 »
Classe G	100 »

MAPA N.º 3

Perfis transversais — Tipo de pavimentos



Escala 1 : 75

Concordância côncava: serão fixados os seguintes raios mínimos de curvatura:

Classes B, C, D, E e F . . 400 metros

Classe G . . . . . 300 »

c) — *Sobrelarguras:*

Adoptar-se-ão nas curvas de pequeno raio, de acordo com a tabela seguinte:

Raio da curva	Sobrelargura
40 metros	1,25 metros
50 »	0,95 »
60 »	0,80 »
80 »	0,60 »
100 »	0,50 »
200 »	0,25 »

d) — *Sobreelevações:*

Em curvas de raio inferior a 1.000 metros, adoptar-se-á a seguinte tabela de sobreelevações:

Raio da curva	Zonas em que a pluviosidade impõe 4 % como inclinação do perfil transversal da plataforma em alinhamentos rectos	Zonas em que a pluviosidade impõe 3 % como inclinação do perfil transversal da plataforma em alinhamentos rectos
Inferior a 300 metros	8 %	6 %
Entre 300 e 400 metros	7 %	6 %
Entre 400 e 600 metros	6 %	5 %
Entre 600 e 800 metros	5 %	4 %
Entre 800 e 1000 metros	4 %	3 %

e) — *Gabarit:*

Em todas as passagens inferiores, galerias ou túneis adoptar-se-á 5 metros de altura livre acima da faixa de rolagem e a largura correspondente ao perfil transversal-tipo adoptado.

f) — *Ligações ou cruzamentos de estradas:*

Nas ligações ou cruzamentos de estradas, serão adoptadas curvas de concordância de raios nunca inferiores a:

Classes B, C e D . . . . 50 metros
Classes E e F . . . . . 40 »
Classe G . . . . . 30 »

g) — *Faixa de domínio público:*

A faixa de domínio público, para as estradas das classes B a G, deverá ser de, pelo menos, 30 metros, não se permitindo nela qualquer edificação.

h) — *Passagens de nível:*

Não serão permitidas passagens de nível com as vias férreas nas estradas das classes B, C e D.

Nas restantes poderão ser permitidas, enquanto a intensidade de tráfico não exigir a sua supressão.

i) — *Velocidade de circulação:*

Para o efeito de cálculo de características geométricas, serão consideradas as seguintes velocidades máximas:

Classes B, C e D . . 30 a 120 Km/h
Classes E, F e G . . 30 a 100 Km/h

Construção por fases

12 — Não parece haver dúvidas na vantagem e necessidade da construção imediata da plataforma da estrada com as características geométricas definitivas e respectiva drenagem.

A construção por fases põe-se, pois, apenas em relação ao pavimento.

13 — Na Metrópole, considera-se necessário que seja simultâneamente construída a fundação do pavimento, dimensionada para as cargas que utilizarão a estrada; as camadas de desgaste são previstas para execução por fases, adaptando-se sucessivamente ao crescimento do tráfico.

14 — No Ultramar, registam-se opiniões um tanto divergentes.

15 — Assim, na *Guiné*, preconiza-se, logo a seguir às terraplenagens, a estabilização do pavimento em terra. Nos troços de estrada em que o asfaltamento é recomendável — e que são em extensão relativamente pequena — utiliza-se um macadame laterítico, seguido duma selagem com gravilha laterítica.

16 — Em *Angola*, as terraplenagens são recobertas por solos, normalmente A-2, numa camada de 10 cm de espessura, tendo em atenção na sua escolha a norma AASHO M-147 (solos B ou F) e os solos subjacentes.

Nas zonas litorais, em que predominam os solos argilosos, podem utilizar-se areias para recobrimento, com escarificação prévia, mistura e compactação, ficando a camada com 10 a 20 % de argila.

Nas zonas arenosas ou siltosas segue-se processo inverso, pela mistura de argila (até 10 % no máximo).

Nas regiões lateríticas, recorre-se a este material.

O pavimento asfáltico definitivo, a executar em segunda fase, constrói-se com uma base constituída por blocagem e brita, ou por burgau estabilizado, e com superfície de rolamento em rocha asfáltica (material local) de 4 cm de espessura.

17 — Em *Moçambique*, os métodos de construção apresentam-se mais diferenciados e alicerça-

dos numa experiência de mais de uma dezena de anos.

Assim, procuram executar-se seguidamente — e de preferência pelo mesmo empreiteiro — as terraplenagens e a pavimentação.

Esta obedece às seguintes normas:

a) *Tráfico até 50 veículos/dia:* pavimento em solo estabilizado ou laterítico sem protecção betuminosa. Se a natureza do solo não permite a sua estabilização, encara-se logo uma selagem asfáltica. A estabilização é feita mecânicamente (especificações da ASTM), ou, actualmente em fase experimental, por mistura 1/500 a 1/1000 do peso do solo seco de resinas.

b) *Tráfico superior a 50 veículos/dia:* É encarado desde logo um pavimento com protecção betuminosa. A base é dependente do estudo económico do custo, a partir dos materiais locais: estabilização mecânica, laterites e solos lateríticos, estabilização com resinas, estabilização com cimento, estabilização com betume, macadame. O processo solo-cimento conhece uma larga difusão, havendo muitas centenas de quilómetros construídos ou em construção. Os pavimentos são dimensionados para a roda de 12.000 libras, pelo método do C. B. R.

Os tapetes betuminosos são escolhidos tendo em atenção as condições de tráfico, existência de materiais locais, e importância geral da estrada. Podem ser selagens simples, «armour-coats», «sand-asphalts» e betões betuminosos.

Todos os estudos e projectos são feitos com permanente apoio laboratorial, o mesmo acontecendo com o controle da execução.

18 — Portanto, em Moçambique, a construção por fases esquematiza-se assim:

a) Construção das terraplenagens, obras de arte e drenagem.

b) Construção dum pavimento estabilizado ou laterítico sem protecção betuminosa.

c) Protecção betuminosa do pavimento anterior, por tapete adaptado às circunstâncias locais e de tráfego; por vezes, melhoria prévia da base (por exemplo, mediante estabilização com cimento).

d) Alternativa; passagem directa da fase *a*) para a de pavimento com protecção betuminosa, com tipo de tapete adequado às necessidades e condições locais.

e) Melhoria progressiva do tipo de tapete, à medida que a evolução do tráfego tal vá impondo.

19 — O conceito de planeamento rodoviário por fases é susceptível de ser desenvolvido matemàticamente, embora de forma condicionada pela dificuldade em fixar valores de confiança para os principais parâmetros que intervêm na análise. Uma tentativa interessante nesse sentido foi feita no L. N. E. C. por Úlpio Nascimento (1), baseando-se no estudo da evolução do tráfico, condicionando a capacidade das estradas que o devem fomentar e servir; na relação entre a qualidade do pavimento e as receitas geradas pela estrada, de forma a que o investimento seja seguido de perto pelo correspondente rendimento; e no dimensionamento da espessura do pavimento para o volume de tráfego previsto para cada fase.

Métodos de conservação; condições em que há interesse em mecanizar a construção

20 — Também os métodos de conservação e aspectos que os condicionam divergem profundamente nos territórios portugueses da Metrópole e do Ultramar.

21 — Na *Metrópole*, a conservação da rede de estradas de baixo custo está distribuída por cerca de 300 Municípios, e asssim a conservação é feita manualmente. Ao longo das estradas, actuam cantoneiros, procedendo permanentemente à limpeza da plataforma e valetas, à tapagem de covas ou reparação do tapete betuminoso, à desobstrução de aquedutos, etc. Duas vezes por ano, no começo e no fim do inverno, os respectivos serviços das Câmaras Municipais constituem brigadas de conservação, com pessoal eventual, que percorrem toda a rede municipal e procedem a limpezas e desobstruções gerais de todas as vias, por forma a restituir-lhes as condições normais de utilização.

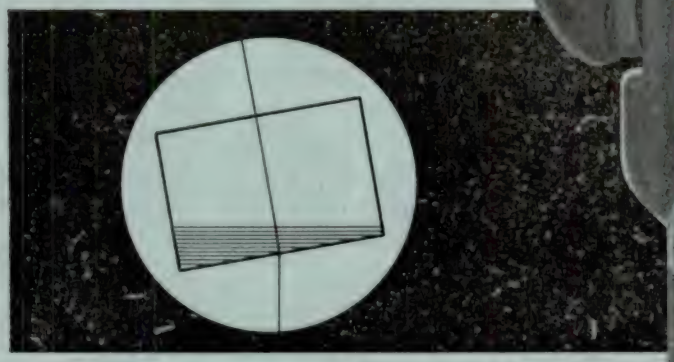
Este sistema tem-se revelado prático e económico; contudo, com a prevista aceleração da construção a partir de 1959, da rede primária, falta de mão de obra e alta de salários, poderá em futuro próximo encarar-se a necessidade da mecanização.

O NOVO TEODOLITO

Wild T 1-A

com calagem
zenital automática

O teodolito com os aperfeiçoamentos mais modernos, permitindo medições mais fáceis, rápidas e mais exactas



Automatismo duma concepção surpreendentemente simples: Prisma com liquido sem partes mecânicas, sem desgaste, sem desarranjos sem reparações.

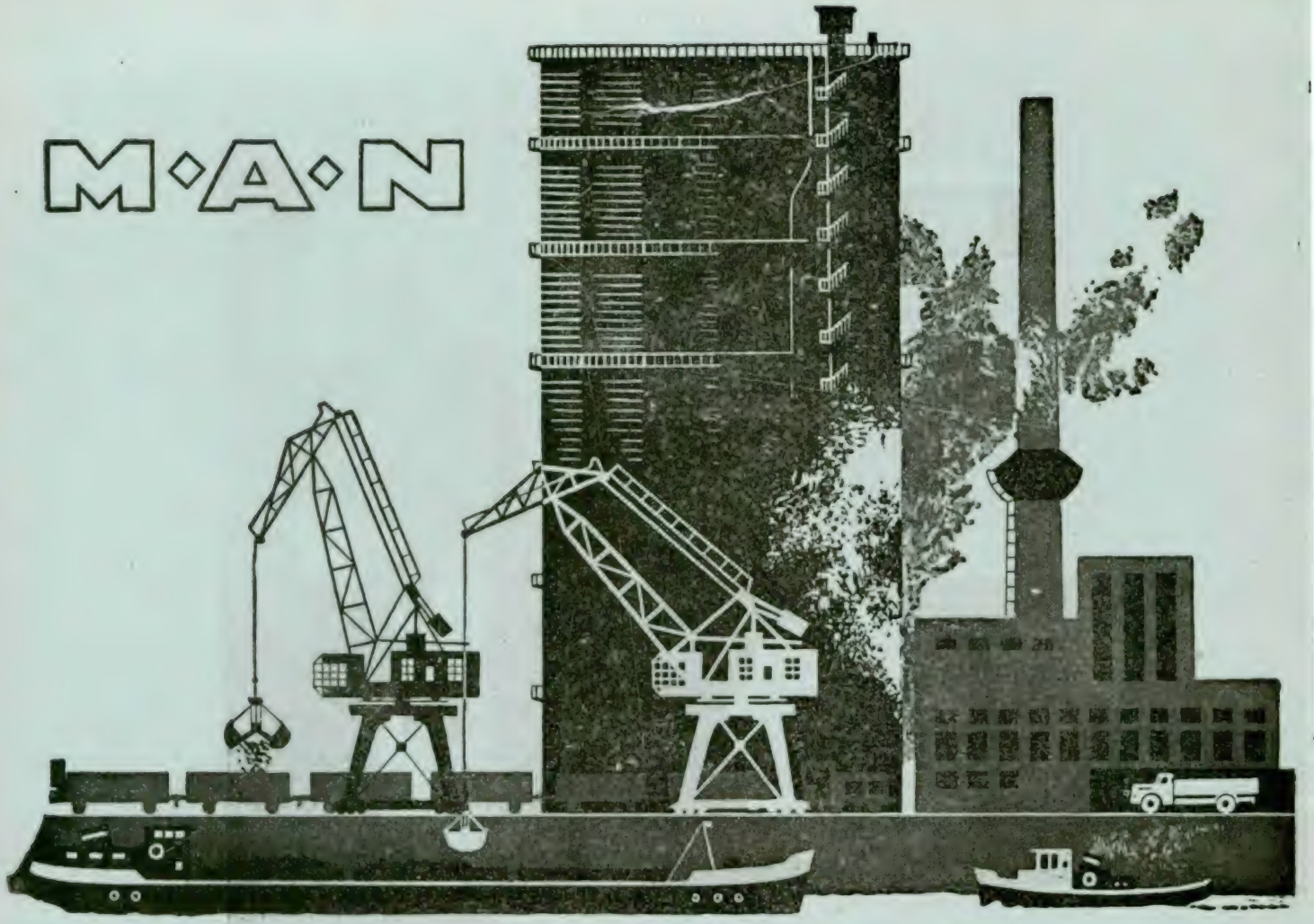
Detalhes no prospecto Th 154

WILD
HEERBRUGG

Solicitem catálogo ou demonstração ao representante exclusivo:

WILD PORTUGAL, L.DA

LISBOA — PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8, S/L 6 — Tel. 68 1127



MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NURNBERG A·G · WERK NURNBERG

INSTALAÇÃO DE FORÇA MOTRIZ A VAPOR · INSTALAÇÕES DE FORÇA MOTRIZ A GÁS · GUINDASTES E TRANSPORTADORES · MATERIAL CIRCULANTE FERROVIÁRIO · MÁQUINAS PARA ENSAIOS DE MATERIAIS · INSTALAÇÕES DE CONDICIONAMENTO DE AR · PONTES DE AÇO · INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS DE AÇO · CONSTRUÇÕES METÁLICAS · BOMBAS · GASÓMETROS · CALDEIRAS A VAPOR CANALIZAÇÕES DE AÇO · MOTORES DIESEL TERRESTRES E MARÍTIMOS

REPRESENTAÇÃO GERAL PARA PORTUGAL E ULTRAMAR

INDUMA

MÁQUINAS INDUSTRIAIS LIMITADA
AVENIDA ANTÓNIO AUGUSTO DE AGUIAR, 88-3.º · LISBOA

22 — No *Ultramar*, o problema apresenta-se de forma completamente diferente. As longas distâncias, as actuais condições de tráfego e as que se prevêm em futuro próximo (nomeadamente, como já dissemos, as características modernas do material de transporte, com o aumento da tonelagem, da velocidade, da carga por eixo e da pressão dos pneus, factores estes conjugados com o uso crescente de atrelados) tornam hoje extremamente dispendiosa e ineficaz a conservação feita à base de mão de obra. O problema aparece equacionado em graus diferentes de evolução em três das Províncias portuguesas de África.

23 — Assim, na *Guiné*, são as autoridades administrativas que têm a seu cargo a conservação, geralmente pela aplicação duma camada de cascalho laterítico no fim da época das chuvas, sendo a compactação feita pelo tráfego e portanto dificiente. Resulta a formação de trilhos nas zonas de concentração de trânsito, e de tela ondulada na estação seca. A mistura de argila laterítica com o cascalho seguida de compactação conveniente, melhora a posição.

A Província começou a aquisição de equipamento mecânico, nomeadamente auto-niveladoras, cilindros de pneus, camiões basculantes e «traxcavatores».

24 — Se a situação na Guiné se pode considerar como bastante primitiva pelo que respeita à conservação, nota-se em *Angola* uma tendência mais acentuada para a mecanização, pelo abandono progressivo do emprego de mão de obra e os dificientes resultados colhidos do sistema metropolitano de cantoneiros distribuídos ao longo das estradas.

Esboça-se, assim, um plano de conservação baseado em equipamento mecânico concentrado nas 13 sedes de distrito, apoiado em oficina própria e ocorrendo à reparação das estradas da respectiva área. Adquiriram-se já camiões, camiões-tanques, auto-niveladoras, cilindros de pneus de 30 T e bulldozers.

25 — Mas é em *Moçambique* que se verifica um maior avanço no sentido da estruturação dum programa racional de conservação mecanizada, apoiado em quadros próprios e importante equipamento.

De resto a tradição do emprego de máquinas vinha já de longe, empregando-se 57 camiões, 21 camionetas, 18 motos, 19 auto-niveladoras, 5 niveladoras, 7 bulldozers, 4 cilindros de lastros lisos, 5 asfaltadeiras, 25 caldeiras, 4 capinadeiras, além doutro material, na conservação de 4.224 kms de estradas directamente a cargo dos Serviços de Obras Públicas, ficando a restante rede classificada a cargo das autoridades administrativas (a rede total classificada monta a 24.729 kms).

26 — Com a entrada em vigor, em 1937, do Plano de Conservação (2) pretendeu imprimir-se um vigoroso impulso à organização da conservação mecanizada, tendo em vista 8.730 kms de estradas, incluindo:

a) Todas as estradas de 1.ª ordem (4.005 kms).

b) Todas as estradas de 2.ª ordem incluídas no Plano Rodoviário e algumas não incluídas mas que pela sua importância, o justifiquem (4.261 kms).

c) Todas as estradas de 3.ª ordem incluídas no Plano Rodoviário (464 kms).

27 — A unidade-base da conservação será a *zona*, abrangendo uma extensão média de 150 a 250 kms, chefiada por um capataz-geral ou capataz de 1.ª classe; subdivide-se em *grupos de conservação* (correspondendo a cerca de 75-100 kms) a cargo de capatazes de 1.ª ou 2.ª classes, e agrupou-se, em cada Distrito, em *Secções de Conservação*, chefiadas por um Condutor de Obras Públicas, com 1 adjunto designado por capataz principal.

Um Engenheiro, Chefe da Conservação, com dois Engenheiros Adjuntos (um civil, outro mecânico) constituirão a cúpula do sistema.

28 — Enquanto o Engenheiro-Chefe da Conservação coordenará superiormente as operações da conservação em toda a Província, definirá planos de trabalho, promoverá a instrução e aperfeiçoamento do pessoal, aos Condutores-Chefes de Secção Distrital da Conservação competirão funções paralelas na sua área, mantendo, em especial, por meio de constantes visitas e inspecções, contacto permanente com o pessoal, as estradas e o equipamento a seu cargo.

Aos capatazes-gerais ou de 1.ª classe, encarregados de zona, caberá a direcção efectiva das

operações de conservação na sua área, a fiscalização da actuação dos grupos e a responsabilidade do equipamento mecânico a seu cargo. Finalmente, os encarregados de grupo (capatazes de 1.ª ou 2.ª classe) procederão à limpeza contínua da estrada, reparações imediatas, sinalizações, defesa contra a erosão, melhoramento de condições de drenagem, arborização, etc.

29 — Esquematizada assim, a traços gerais, a organização estudada, há que analisar as suas necessidades básicas, em pessoal e equipamento. Para isso, define-se em primeiro lugar o equipamento a atribuir a cada zona de conservação, variável conforme actue numa estrada asfaltada ou de pavimento sem protecção betuminosa; o equipamento da Secção Distrital, destinado àquelas operações que, pela sua menor frequência e maior custo e delicadeza de execução, devem ser executadas, ou pelo menos directamente dirigidas, por este escalão; o dispositivo de manutenção de máquinas e viaturas; finalmente, a distribuição do pessoal a atribuir a cada agrupamento assim considerado.

30 — Haverá que prevêr 14 zonas de conservação, para estradas asfaltadas e 32 para estradas sem pavimento betuminoso.

31 — O *pessoal* apresenta-se distribuído da seguinte forma:

a) — Chefia dos Serviços de Conservação (Lourenço Marques):

1 Engenheiro-Chefe
1 Engenheiro-Civil Adjunto
1 Engenheiro-Mecânico Adjunto.

Facilidades da Repartição de Estradas dos Serviços de Obras Públicas e Transportes.

b) — Secção de Conservação (em cada sede de Distrito):

1 Condutor-Chefe de Secção
1 Capataz principal, adjunto
1 Mecânico de motores
1 Torneiro mecânico
2 Motoristas auxiliares
1 Tractorista auxiliar
1 Maquinista de escavadora, auxiliar
1 Maquinista de cilindro, auxiliar.

c) — Zona de conservação, estrada asfaltada:

1 Capataz geral, chefe de Zona
1 Capataz de 1.ª classe, chefe de grupo
1 Capataz de 2.ª classe, chefe de grupo (mais, se existirem mais grupos)
2 Capatazes auxiliares (idem)
1 Asfaltador
1 Motorista auxiliar
1 Maquinista de cilindro, auxiliar.

d) — Zona de conservação, estrada sem pavimento betuminoso:

1 Capataz geral, chefe de zona
1 Capataz de 1.ª classe, chefe de grupo
2 Capatazes de 2.ª classe, chefes de grupo (mais, se existirem mais grupos)
3 Capatazes auxiliares (idem)
2 Motoristas auxiliares
1 Maquinista de cilindro, auxiliar
1 Maquinista de niveladora, auxiliar

32 — O *equipamento* básico abrange o seguinte material:

a) — *Secção de Conservação:*

1 Camioneta de 750 kg, tipo robusto
1 Camioneta de 750 kg, tipo ligeiro
3 Camiões basculantes de 5 T
1 Camião-tanque de 5 T
1 Tractor com bulldozer de 50 H. P.
1 Escavadora de 3/4 de jarda cúbica
1 Tractor de pneus de 40 H. P.
1 Cilindro de pés de carneiro
1 Cilindro de pneus de 20/30 T
1 Grade de discos de 50/60 cm
1 Cilindro compactador-vibrador de 225 kg (2/5 T)
1 Cilindro compactador-vibrador de 500 kg (5/8 T)
1 Camião oficina

b) — *Zona de estrada asfaltada:*

1 Camioneta de 750 kg, tipo ligeiro
1 Camião basculante de 5 T
2 Motos
2 Bicicletas motorizadas
1 Asfaltadeira pequena
1 Asfaltadeira grande
1 Espalhador de emulsão
2 Caldeiras aquecedoras
1 Cilindro liso 3/5 T
1 Capinadeira com tractor

c) — *Zona de estrada sem pavimento betuminoso:*

1 Camioneta de 750 kg
2 Camiões basculantes de 5 T
1 Camião tanque de 5 T
2 Motos
3 Bicicletas motorizadas
1 Auto-niveladora de 75 H. P.
1 Cilindro de 5/8 T
1 Capinadeira com tractor

33 — Em *estradas asfaltadas,* é essencial a resselagem periódica dos pavimentos, além das operações normais de pequenas reparações. A prioridade óptima dessas resselagens varia, evidentemente, com o tipo de pavimento e com as condições locais peculiares.

Deve ter-se sempre bem presente que:

a) — a vida útil dum tapete depende estritamente da execução das primeiras resselagens em tempo oportuno;

b) — há tendência em sobreestimar o período que medeia entre duas resselagens consecutivas, principalmente nos primeiros anos após a construção;

c) — quanto mais económico é o tipo de tapete adoptado, tanto mais escrupulosa deve ser a sua conservação.

34 — Um outro princípio, válido para qualquer tipo de pavimento, com ou sem tapete betuminoso, será este: a reparação de roturas localizadas deverá efectuar-se, na medida do possível, utilizando materiais idênticos aos originais e fazendo-se numa área de forma regular — quadrado ou rectângulo. Assim, um solo-cimento deverá ser reparado com massa de solo-cimento, com a mesma dosagem, preparada em betoneira; uma estabilização mecânica com solos da mesma natureza dos inicialmente usados; um tapete com outro do mesmo tipo e dosagem; etc.

35 — A conservação das bombas nas estradas asfaltadas deve ter por objectivo assegurar perfeito nivelamento com o bordo do tapete (que, doutra forma, acabaria por fracturar), boa compactação, para permitir os cruzamentos em ultrapassagens sem perigo, e desempeno com inclinação de 3 a 4 % para promover a pronta evacuação das águas caídas na plataforma da estrada.

É evidente que, tanto neste caso como no das estradas sem protecção betuminosa, é indispensável um sistema conveniente de drenagem, com especial atenção às valetas e pontos de evacuação das mesmas.

36 — Quanto às *estradas não asfaltadas,* com pavimento devidamente construído por estabilização mecânica, é a operação de recarga que tem de ser planeada e executada a longo prazo. O uso da auto-niveladora como máquina fundamental da conservação, combinado com o efeito erosivo das chuvas e do próprio tráfico, provoca um desgaste progressivo que a experiência mostra conduzir ao desaparecimento da inteira espessura dum pavimento estabilizado normal (15 cm) em 5 anos. É necessário, portanto, refazer essa espessura que assim vai desaparecendo, recargando anualmente cada troço com a espessura de 3 cm. Para tal fim, deverão usar-se solos seleccionados de acordo com a estabilização inicial, ou outros cujas características laboratoriais, convenientemente determinadas, dele se aproximem. E não deverá esquecer-se que não basta lançar terra sobre a estrada e deixar que o tráfego a compacte. Há que fazer a operação com os devidos cuidados, pulverizando, regando, misturando e compactando ao grau óptimo de humidade e densidade máxima.

37 — A Secção de Conservação com base na sede de Distrito, deverá dispor de equipamento conveniente para dar às Zonas o apoio mecânico, em equipamento e pessoal, para as operações acima descritas. Deverá, portanto, ter grande mobilidade, deslocando-se sucessivamente ao longo das estradas em que se estejam a efectuar os trabalhos de recarga ou outras operações importantes.

38 — A mecanização dos trabalhos de conservação levanta problemas que não podem ser descurados, nomeadamente os da conveniente assistência técnica às máquinas e da existência de sobressalentes em armazém.

Em Moçambique, a assistência às máquinas é assegurada por um sistema constituído por oficinas fixas em cada sede de Distrito, quatro parques de máquinas localizados convenientemente e com equipamento para reparações correntes e ainda, por camiões-oficinas que se deslocam às diferentes zonas para aí proceder às reparações que seja possível efectuar localmente.

Quanto aos sobressalentes, além daqueles mantidos em «stock» nos próprios Serviços, procura estimular-se a constituição de «stocks» por parte das firmas representantes da maquinaria, pelo pagamento de percentagens sobre a factura de origem mais elevada no caso de se tratar de entrega imediata.

Limitação das cargas por veículos e por eixo

39 — Em todo o território nacional português, as disposições referentes à limitação de cargas são objecto do disposto no artigo 18.º do Código da Estrada. Assim não podem transitar na via pública, sem autorização especial, os veículos cujo peso bruto exceda 15 T nem os que exerçam sobre o pavimento pressão superior a 150 kg por cm de largura do aro pneumático, ou 80 kg/cm de largura do aro metálico das rodas, em qualquer dos casos medida na parte em contacto com o solo.

Exceptuam-se os veículos com três ou mais eixos, cujo peso bruto pode elevar-se até 20 T.

40 — Nos veículos com rodas de aros pneumáticos, o peso bruto poderá elevar-se até 10 T no eixo mais carregado ou 16,5 T no duplo eixo mais carregado, se o afastamento entre o eixo dianteiro e o trazeiro não for inferior a 4 m; nos veículos de dois eixos, o peso sobre o eixo da frente não deverá também exceder 7,5 T.

O peso bruto dos reboques não deverá exceder 7,5 ou 15 T, consoante se trate, respectivamente, de veículos de um ou mais eixos.

41 — A tendência para cargas limites justifica o uso da carga por roda de 12.000 libras no projecto dos pavimentos, até para fazer face a possíveis alterações futuras daqueles valores.

O emprego de laterites e solos negros de algodão

42 — Não pode já oferecer qualquer dúvida que o emprego de laterites e solos lateríticos na pavimentação de estradas — quer como bases protegidas por tapetes betuminosos, quer sem qualquer protecção — constitui uma solução de grande aplicação em grandes zonas de condições climáticas tropicais.

43 — Por tal se reconhecer, está em curso uma investigação a longo prazo, a cargo do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, de Lisboa, Laboratório de Ensaios de Materiais e Mecânica do Solo, de Lourenço Marques e Laboratório de Engenharia Civil, de Luanda, tendente a estudar profundamente as características destes materiais e formular especificações convenientes para o seu emprego.

44 — Os resultados já obtidos, quer no campo da investigação laboratorial, quer no de observação de troços experimentais (4) (5) (6) revestem-se de maior interesse.

45 — Efectuaram-se ensaios físicos (densidade aparente, compressão simples, permeabilidade, molhagem e secagem, desgaste, análise mecânica, limites de Atterberg e variações volumétricas, compactação e C. B. R.) e ensaios químicos e físico-químicos (análise química total da fracção argilosa, análise mineralógica, capacidade de troca de catiões, pH, calor de molhagem, sucção, ensaios de qualidade e envelhecimento, observação microscópica).

Foi possível estabelecer o tipo de agente dispersor mais conveniente a usar na análise mecânica por sedimentação e ajuizar da influência de diversas condições de ensaio na determinação dos limites de Atterberg.

46 — Umas das mais importantes características estabelecidas no L. N. E. C. é a pequena absorpção de água, quanto às laterites de Angola, o que lhes confere notáveis propriedades para pavimentação. Por outro lado, a expansibilidade cresce com o aumento da relação $Si\,O_3/R_2\,O_3$, o que parece permitir um método simples e rápido de campo para identificação dos materiais lateríticos.

Foram aceitáveis os ensaios de estabilização com cimento.

47 — Os pavimentos experimentais, construídos em Moçambique, revelam como característica mais curiosa registada até agora a larga margem permitida sobre as especificações ASTM quando a limites de Atterberg para bases com tapete betuminoso. Assim, valores do índice de plasticidade compreendidos entre 15 e 21 pare-

cem satisfazer. As especificações actualmente adoptadas em Moçambique são as seguintes:

Para pavimentos com protecção betuminosa:

Bases:	C. B. R.	$\geq$ 67
	I. P.	$\leq$ 12
	% que passa no crivo 200	$\leq$ 25
Sub-bases:	C. B. R.	$\geq$ 45
	I. P.	$\leq$ 15
	% que passa no crivo 200	$\leq$ 50

Para pavimentos sem protecção betuminosa:

C. B. R.	$\leq$ 80
I. P.	$\leq$ 15
% que passa no crivo 200	$\leq$ 35

48 — Reconheceu-se que a dificuldade técnica duma estabilização mecânica reside principalmente na exploração e selecção dos materiais de forma a mantê-los dentro das características especificadas (os depósitos de laterites e solos lateríticos revelaram-se geralmente muito heterogéneos). A parte técnica relativa à estabilização pròpriamente dita é de relativa simplicidade.

49 — O emprego de macadames lateríticos, correntes nas Províncias da Guiné e do Estado da Índia, é susceptível de melhoria por um projecto e execução racionais, sendo aliás interessantes os resultados colhidos.

50 — A designação de *solos pretos de algodão* é bastante vaga, por abranger solos bastante diferentes, quer na rocha de origem, quer na composição. Apresentam, contudo, algumas características comuns, a saber:

a) — cor preta ou cinzenta muito escura;
b) — grande fendilhamento na época seca;
c) — fraca drenagem.

São normalmente solos argilosos (A.6 e A.7—6, 16 a 20), plásticos, sujeitos a forte retracção por secagem, muitas vezes jazendo sobre calcáreos (rocha ou solo pulverulento). Têm sido largamento estudados em Angola (7).

A sua pavimentação exige espessuras de pavimentos de 0,60 m e 1,00 m, em Angola, enquanto em Moçambique se tem obtido valores de 0,45 m. Exige-se boa drenagem, compactação não excessiva, grau de humidade não ultrapassando o óptimo da compactação pesada e ausência da proximidade imediata de árvores.

51 — A construção por sucessivas camadas, com mistura de percentagens de areia sucessivamente crescentes parece a solução mais económica. (Nos 10 cm. superiores, 10 % de argila, 90 % de areia).

52 — Um outro tipo de solos com grande importância em Agola pelas dificuldades que acarretam à construção de estradas são os chamados *solos vermelhos do café* (8). Exigem pavimentos de espessura total de 35 a 50 cm. São de formação local, a partir de rochas eruptivas, em zonas de orografia, de clima quente e húmido, cobertas de florestas. Resultam da desagregação e alteração sucessiva do manto rochoso no próprio local, alteração esta que dá origem a um perfil constituído por três camadas bem diferenciadas:

a) — solo avermelhado, em alguns casos com princípio de *laterização* (horizonte A) — 1 a 2 metros;
b) — solo de cor relativamente uniforme, castanho claro e com grande percentagem de mica (horizonte B) — 3 a 5 metros;
c) — rocha alterada com o aspecto da rocha de origem mas sem coesão entre os grãos (horizonte C) — cerca de 1 metro.

Estradas e pistas em zonas desérticas

53 — As condições de grande aridez levantam por si grandes dificuldades quanto ao projecto de estradas e pistas de aviação. Em Angola, no deserto de Moçâmedes, optou-se pela construção de dois «strips» em solo-cimento com 70 cm de largura com um intervalo de 1,00 metro, elevadas 3 cm acima do pavimento existente.

54 — Em Moçambique, em zonas que, embora não desérticas, se classificam como áridas, encara-se o problema sob vários aspectos: trabalho nocturno, para diminuir o desconforto das elevadas temperaturas; aproveitamento das condições naturais da época das chuvas; realização prévia de troços de ensaio para ajuizar das melhores condições de compactação quanto ao mínimo grau de humidade e equipamento a utilizar; poderosos meios de rega, incluindo pesquisas de água para esse fim (9).

Drenagem e protecção contra a erosão

55 — Nas Províncias Africanas, os problemas de drenagem e de defesa contra a erosão assumem proporções de relevo e muitas vezes exigem um dispêndio importante. Com efeito, em muitas regiões, a intensidade da chuva é muito forte, e a velocidade e quantidade da água superficial — «run-off» — provocam graves prejuízos.

56 — Quanto à drenagem superficial, a necessidade de evacuação imediata da água caída ou carreada para a plataforma da estrada levou a utilização de perfis triangulares com inclinação de 3 a 4 % na infra-estrutura e 3 % nos pavimentos, combinando-se tal perfil com adequadas valetas de evacuação, cujo comprimento entre saídas sucessivas permita o controle do volume e velocidade das águas. O sistema é completado com número suficiente de aquedutos e pequenas pontes, uma vez que é frequente o aparecimento na época das chuvas de torrentes susceptíveis de cortarem a estrada.

57 — Além da drenagem superficial, tem fundamental importância em vastas zonas o controle do nível freático, de forma a impedir a destruição dos pavimentos pela acção das águas subterrâneas. O problema é particularmente agudo nas zonas baixas de Moçambique. mas aparece também com não menor gravidade em zonas de altitude. Em Angola, tem sido encontrado em regiões planálticas, incluindo zonas de solos negros.

58 — Em Moçambique foram objecto de cuidadoso estudo algumas situações em que roturas verificadas em pavimentos eram directamente atribuíveis a um alto nível freático, com efeitos de capilaridade e saturação da infraestrutura ou da própria base estabilizada.

Daí resultaram medidas de protecção tomando os aspectos seguintes:

a) — Sempre que possível, a razante da estrada é elevada pelo menos 1,20 m acima do máximo nível freático;

b) — Em zonas em que tal não é possível, utilizam-se sistemas de drenagem sub-superficial, do tipo dreno francês, de forma a assegurar um controle da toalha freática mantendo, pelo menos, a mesma marcha de segurança;

c) — Em solos susceptíveis de permitirem subidas capilares, além das precauções enunciadas anteriormente, lança-se uma membrana betuminosa impermeável entre a infraestrutura da estrada e o pavimento e a toda a largura da plataforma (o uso da camada interceptora de areia grossa foi abandonado por se verificar ser pouco efectiva a menos que fosse dotada da espessura proibitiva).

59 — Os sistemas projectados de acordo com estes princípios têm-se comportado de forma satisfatória.

60 — A acção erosiva das águas pode exercer-se, pelo que respeita à estrada, da seguinte forma:

a) — Em toda a largura da plataforma, se não existe pavimento betuminoso;

b) — Nas bermas, se há pavimento betuminoso;

c) — Nos taludes de trincheiras e aterros;

d) — Nas valetas;

e) — Junto às fundações de obras de arte.

61 — É muito difícil a defesa contra o tipo de erosão mencionado em *a*) e *b*) por exigir a redução dos declives longitudinais da estrada para valores que, por vezes, não são topogràficamente possíveis. O emprego de solos estabilizados com apreciável percentagem de argila, quer nos pavimentos não asfaltados, quer nas bermas, confere um certo grau de protecção. Por vezes, prefere-se que as bermas sejam revestidas de vegetação rasteira (capim) que exige, contudo, cortes muito frequentes.

62 — A protecção de taludes fez-se, sobretudo, por meio de vegetação apropriada; em Moçambique vêm sendo ensaiadas, em colaboração com os Serviços de Agricultura as espécies *tanner grass, kikuyu* e *star grass,* tendo também sido indicadas as espécies *grama da Bermuda* e *grama vulgar.* Pretende-se que satisfaçam às seguintes condições:

a) — Cubram fàcilmente e o mais breve possível as áreas a revestir;

b) — Formem revestimento de pequeno porte permitindo boa visibilidade na rodovia;

c) — Tenham resistência suficiente para impedir o progresso de outra vegetação, em especial o capim gigante.

Em Angola, combina-se o emprego da vege-

tação com revestimento prévio dos taludes com argila misturada com areia.

É necessário ainda, nos taludes de aterro, revestir com betão os descarregadores das valetas.

O emprego de valas de crista é de regra em trincheiras para impedir que a quantidade de água atinja proporções perigosas.

63 — Desde que o declive exceda certos limites, dependentes, aliás, da natureza dos solos, é indispensável também o revestimento das valetas, com argila misturada com areia, betão, ou até vegetação; esta última, contudo, pode ter graves inconvenientes na redução da secção de vazão.

64 — A protecção das fundações das pequenas obras de arte pode conseguir-se, geralmente, por meio de enrocamento, laje de betão, etc. O problema de erosão de cheia em pontes médias e grandes está fora do âmbito deste Relatório.

65 — No Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Lisboa, estudam-se actualmente os problemas da erosão continental, num vasto programa de trabalhos de que são de salientar os pontos seguintes:

a) — Prospecção e estudo sumário de casos de erosão em obras de engenharia civil;

b) — Estudo das características climáticas determinantes da erosão continental;

c) — Estudo geológico dos terrenos sob o ponto de vista da respectiva erodibilidade;

d) — Estudo geotécnico sobre os terrenos do Ultramar e respectiva erodibilidade;

e) — Estudo experimental sobre modelo, da erosão em taludes, regos e valetas;

f) Estudo dos revestimentos vegetais na defesa contra a erosão no Ultramar;

g) — Estudo de obras de defesa contra a erosão;

h) — Observação sistemática de obras de defesa contra a erosão.

Conclusões

1.º — Não parece haver vantagem em reunir numa única questão os assuntos referentes às estradas de baixo custo em países evoluídos e em territórios sub-desenvolvidos, uma vez que os problemas respectivos se apresentam muito diferenciados.

2.º — Enquanto na Metrópole a rede primária de estradas de baixo custo é projectada para um tráfego cujas características e evolução são previsíveis com certa segurança, nos territórios ultramarinos é necessário abrir um largo crédito ao futuro, projectando com largueza no que respeita às características geométricas dos traçados.

3.º — A primeira fase da construção progressiva duma estrada deve respeitar as características geométricas definitivas e abranger desde logo, pelo menos, as terraplenagens e o sistema de drenagem. Na Metrópole preconiza-se a imediata construção da fundação do pavimento para os «standards» finais, ficando para as fases futuras a melhoria da camada de desgaste; no Ultramar, julga-se aconselhável a imediata construção dum pavimento estabilizado ou laterítico sem protecção betuminosa, se o tráfego for inferior a cerca de 50 veículos/dia; ou um pavimento betuminoso, progressivamente melhorável, se o tráfego for superior àquele limite.

4.º — Embora a estrada não asfaltada venha a ter ainda por muitos anos predominância no conjunto das redes rodoviárias africanas, exige-se desde já um notável esforço no sentido do melhoramento dos seus pavimentos, pela utilização de estabilizações, laterites, solos lateríticos, luta contra as ondulações e a lama, boas condições de drenagem, etc.

5.º — A partir de determinada intensidade de tráfego, apròximadamente fixada em 50 veículos/dia, a estrada não revestida deixa de ter defesa económica, impondo-se a sua asfaltagem com um tipo de tapete adaptado às condições prevalecentes. É de registar a forte pressão dos interesses locais no sentido de ser aumentada a quilometragem asfaltada, em virtude do constante aumento do tráfego e da própria evolução dos meios de transporte por estrada.

6.º — Dada a permanente escassez de recursos financeiros, nomeadamente em territórios sub-desenvolvidos, impõe-se que o projecto da parte normalmente mais dispendiosa da estrada — o pavimento — seja conduzido nas condições mais económicas que satisfaçam tècnicamente. Tal só se pode conseguir por um sólido apoio laboratorial no estudo e no controle da execução, com recurso cada vez mais geral ao uso de materiais locais, recurso às estabilizações, laterites e solos lateríticos, e estudo de tapetes betuminosos de baixo custo e de fácil conservação.

7.º — É erro separar o problema da construção das estradas da da sua conservação. Se, na Metrópole, é ainda possível basear a conservação

no uso intensivo da mão de obra, no Ultramar tal procedimento conduzirá a métodos caros e ineficazes. Impõe-se, portanto, nos territórios africanos, intensiva mecanização das operações de conservação, segundo esquema racional projectado, em que se tenha em conta uma boa assistência técnica ao equipamento empregado e a possibilidade de dispor com rapidez dos sobressalentes necessários para as reparações.

8.º — Não pode ignorar-se, sob pena de ruína prematura dos pavimentos, a necessidade de resselagens periódicas dos pavimentos asfaltados e de recarga permanente dos pavimentos estabilizados ou lateríticos sem protecção betuminosa.

9.º — Quer na Metrópole, quer no Ultramar, deve ter-se em conta a homogeneidade dos traçados pelo que respeita às tonelagens e cargas por roda admissíveis, de forma que no conjunto da rede rodoviária seja possível a circulação de veículos das mesmas características.

10.º — As laterites e solos lateríticos constituem um dos materiais mais valiosos nos trabalhos de pavimentação de estradas com ou sem protecção betuminosa. Os estudos em curso nos Laboratórios portugueses sugerem desde já a possibilidade duma larga tolerância em relação às especificações A. S. T. M. para as estabilizações mecânicas.

11.º — Muitos tipos de solos negros de algodão são susceptíveis de emprego em trabalhos rodoviários, desde que sejam tomadas devidas precauções no projecto e execução desses trabalhos, eliminando-se os que não respeitem determinadas características mínimas e dando-se aos pavimentos as espessuras necessárias.

12.º — Critério semelhante se pode seguir quanto aos solos vermelhos do café existente em Angola.

13.º — Nos teritórios Africanos, a questão duma eficiente drenagem da estrada ocupa lugar de primeira importância. Além da drenagem superficial, tendo por objectivo a rápida evacuação das águas da plataforma e o seu afastamento da estrada por meio dum sistema de valetas, valas de crista, aquedutos e outras pequenas obras de arte, é necessário conceder a máxima atenção à drenagem sub-superficial, com vista a um eficiente controle do nível freático e dos efeitos capilares. A elevação da razante da estrada pelo menos 1,20 m acima da toalha subterrânea, o uso de drenos e de membranas impermeáveis são alguns dos meios de que o engenheiro não deve hesitar em lançar mão para assegurar um bom comportamento do pavimento.

14.º — Dada a intensidade e volume das precipitações em muitas regiões de África, a acção erosiva das águas manifesta-se, por vezes, com grande violência. São necessárias, portanto, medidas de protecção, compreendendo, entre outros, os seguintes aspectos:

a) — Emprego nos pavimentos não asfaltados e nas bermas de solos mecânicamente estáveis;

b) — Redução, para valores admissíveis, dos declives dos traineis da estrada;

c) — Revestimento com vegetação apropriada dos taludes, construção de valas de crista nas trincheiras e protecção com betão dos descarregadores ou valetas nos aterros;

d) — Revestimento de valetas desde que o declive exceda os limites de susceptibilidade à erosão.

15.º — Reveste-se do maior interesse e urgência a investigação sistemática de todos os problemas referentes à erosão sobre e nas vizinhanças da estrada.

SUMÁRIO

Dada a nítida diferenciação existente entre os problemas das estradas de baixo custo em territórios evoluídos ou sub-desenvolvidos, não se reconhece vantagem na reunião do assunto numa única questão. Enquanto na Metrópole a rede primária deste tipo constitui o mais baixo degrau na hierarquia rodoviária, no Ultramar abrange a grande maioria do sistema de estradas.

As próprias características geométricas acusam a influência dessa diversidade de situações, pois no Ultramar é necessário projectá-las com suficiente largueza para atender à larga margem de evolução admissível no futuro, enquanto na Metrópole se pode prever com certa segurança qual a fase final dessa evolução.

A construção por fases resumir-se-á, na Metrópole, à simples melhoria da camada de desgaste do pavimento, enquanto no Ultramar se regista uma larga escala de tipos de pavimentos sucessivamente adaptados às necessidades do tráfego.

A conservação das estradas — que na Metró-

NÍVEL AUTOMÁTICO

Otto-Fennel

Moderno aparelho equipado com um sistema prismático pendular, colocando automàticamente a linha de mira na sua posição horizontal.

A simplicidade e robustez do processo utilizado e o seu grande rendimento de trabalho, tornam este aparelho excepcionalmente dotado para todos os nivelamentos técnicos

CARACTERÍSTICAS

Luneta — Nivelamento com focagem interna, óptica tratada, imagem direita Comprimento 200 mm. Ampliação 20 x. abertura da objectiva 25 mm. Distância mínima de mira 2,5 m. Constante de adição zero. Constante de multiplicação 100

Círculo horizontal — Diâmetro 100 mm. Graduação 1° 1 g.
Leitura directa 1° 1 g. Leitura por avaliação 6 10°

Sensibilidade do nível esférico: 8′
Tripe extensível, caixa metálica com pequenos acessórios
Pesos· aparelho 2 kg, caixa 2,400 kg; tripé 5,200 kg

REPRESENTANTES

PAPELARIA FERNANDES — S. A. R. L.

L. DO RATO, 13 — TEL. 68 21 31 / 39 — R. DO OURO, 145 — TEL. 2 83 61 / 2 60 66

LISBOA

TRANSFORMADORES
ENAE
LICENÇA SIEMENS-SCHUCKERT
ATÉ
1600 kVA
35 kV
DA CONCEPÇÃO AO
ENSAIO
O RIGOR E O
CUIDADO QUE FAZEM
AS OBRAS PERFEITAS
EMPRESA NACIONAL DE APARELHAGEM ELÉCTRICA — AV. 24 DE JULHO, 158 — LISBOA

pole pode ainda assentar largamente no emprego da mão de obra — obriga no Ultramar, pelo contrário, ao emprego intensivo da mecanização e à resolução prévia dos problemas que esta impõe, nomeadamente de assistência técnica e dos sobressalentes.

Na limitação de tonelagens e carga por eixo dos veículos há que ter em conta a máxima homogeneidade possível de toda a rede rodoviária.

O emprego de laterites e solos lateríticos, na pavimentação de estradas em África, há muito preconizado sob condições empíricas, pode ser baseado em regras técnica e cientìficamente estabelecidas, tendo em atenção as investigações em curso nos territórios portugueses.

Os solos negros de algodão, desde que se adoptem necessárias restrições e métodos de projecto, construção e controle suficientes são susceptíveis de emprego na infraestrutura da estrada e também como material de mistura em pavimentos mecânicamente estabilizados. O mesmo se pode dizer dos solos vermelhos do café, que ocorrem com frequência em Angola.

Uma drenagem conveniente deve ser objectivo da maior importância dos engenheiros rodoviários, quer quanto às àguas superficiais, quer quanto à defesa e controle da água subterrânea seus movimentos. Igualmente não se pode perder de vista a defesa contra a erosão, na plataforma da estrada, taludes de aterro ou trincheira, valetas e fundações de pequenas obras de arte.

BIBLIOGRAFIA

(1) Úlpio Nascimento — *Alguns problemas das estradas do Ultramar* — L. N. E. C. —Lisboa 1957.

(2) Manuel Pimentel dos Santos — *Conservação das Estradas da Provincia — Plano Geral de Remodelação* — Lourenço Marques — 1957.

(3) Código da Estrada—Título II, Capítulo I, Art. 18.º.

(4) Úlpio Nascimento, Ferrugento Gonçalves e Elda de Castro — *Estudo das laterites das Provincias Ultramarinas* — 1.º e 2.º Relatório — L.N.E.C. — Lisboa — 1955, 1957.

(5) Virgílio Furtado — *Estudo das laterites das Provincias Ultramarinas* — 1.º Relatório — L. E. M. M. S. — Lourenço Marques — 1956.

(6) João L. Brito e C. A. Valente — *Estabilização Mecânica* — L. E. M. M. S. — Lourenço Marques — 1958.

(7) Henrique N. Ferreira — *Alguns ensaios de solos pretos do algodão em Angola* — 1.ª jornada de Estradas — L. E. C. — Luanda — 1957.

(8) Henrique N. Ferreira e Jacinto Silva — *Terrenos vermelhos das zonas florestais do norte de Angola* 2.ª jornada de Estradas — L. E. C. — Luanda — 1958.

(9) Manuel Pimentel dos Santos — *Rapport de synthese sur le chapitre II d'Ordre du Jour* — Reunion de Specialistes C. S. A. sur la Construction de Routes — Lourenço Marques — 1958.

Errata principal do artigo Previsão dos resultados na hidroclassificação

Técnica N.º	Pág.	Coluna	Linha	Onde se lê	Leia-se
295	29	II	7	confusus	confusum
295	30	II	10	turbolência	turbulência
295	33	II	17	Fixas	Finas
295	33	II	33	$\lim_{\log d_k \to \infty} \frac{\eta_k}{100} = \frac{\varepsilon}{100}$	$\lim_{\log d_k \to -\infty} \frac{\eta_k}{100} = \varepsilon$
295	34	I	7	o assintota acima referido	a assíntota acima referida
295	34	I	10	*reduzidos* η_k	*reduzidos* η'_k
295	34	I	24	$\left(\frac{d'_{25}}{s}\right)^n = 0{,}25$	$\left(\frac{d'_{50}}{s}\right)^n = 0{,}50$
295	34	I	25	$\left(\frac{d'_{75}}{d'_{25}}\right)^n = \left(\frac{0{,}75}{0{,}25}\right)^n = 3^n$	$\left(\frac{d'_{25}}{d'_{50}}\right)^n = \frac{0{,}75}{0{,}50} = 1{,}5$
295	34	I	26	$d'_{75} = 3^{1/n}\, d'_{25}$	$d'_{75} = (1{,}5)^{1/n}\, d'_{50}$
295	34	I	27	e, portanto,	e, portanto, supondo a curva de repartição simétrica, será
295	34	I	28	$\Delta'_p = \frac{1}{2}\,(3^{1/n} - 1)\, d'_{25}$	$\Delta'_p = [(1{,}5)^{1/n} - 1]\, d'_{50}$
295	34	I	36	$I = \frac{1}{2}\,(3^{1/n} - 1)$	$I = (1{,}5)^{1/n} - 1$
295	34	II	24	$\log \frac{n'_k}{100} =$	$\log \frac{\eta'_k}{100} =$
295	34	II	33	a lei (5)	a lei (4)
296	83	I	34	$I = 1{,}5^{1/n} - 1$	$I = (1{,}5)^{1/n} - 1$
296	90	II	10	Neve	Neue

A segurança nas minas de urânio portuguêsas

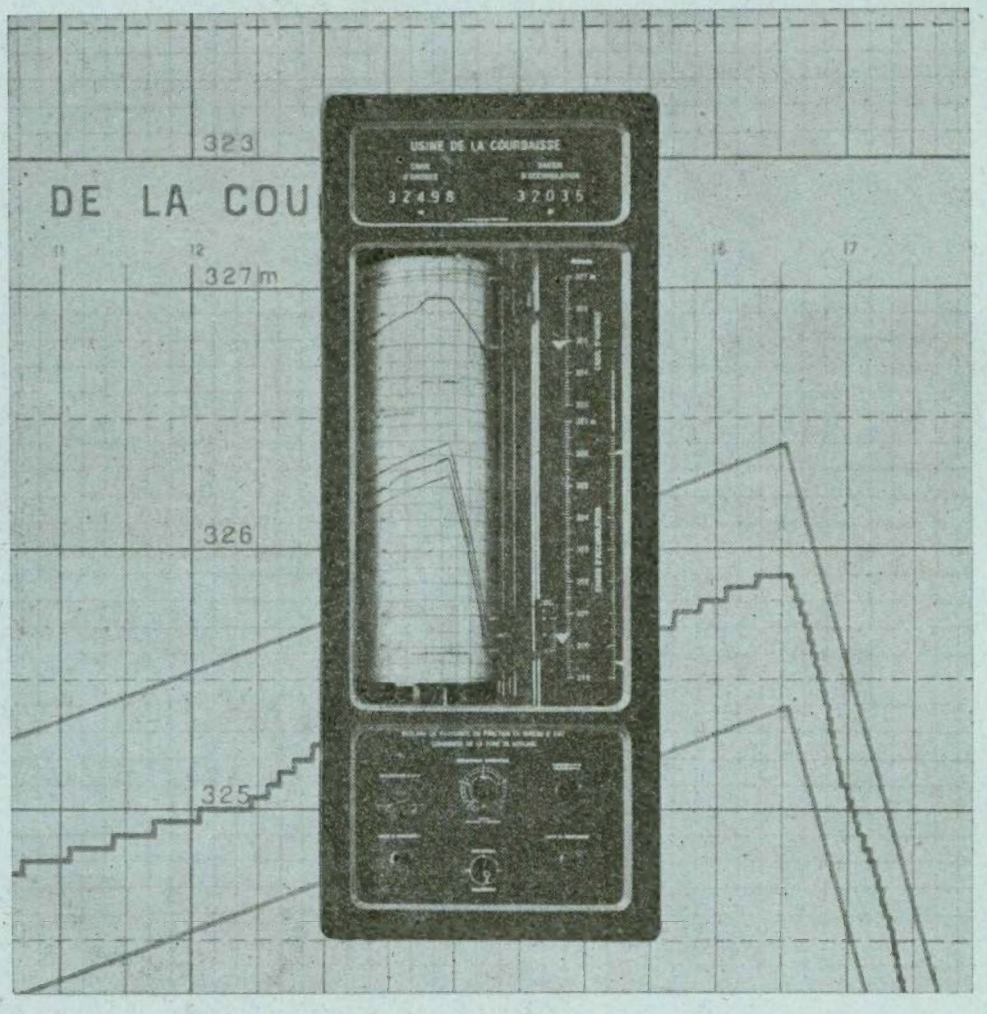
ERRATA

Técnica N.º	Página	Coluna	Linha	Onde se lê	Leia-se
294	647	1.ª	35	%	‰
294	650	2.ª	31	umaqueda	uma queda
294	651	2.ª	21	quilhos	guilhos
294	652	2.ª	27-28	contra-mechas	corta-mechas
295	62	2.ª	24	perfuração	penetração
295	64	2.ª	15	isolantes	filtrantes
295	66	Fig. 12		aproximada	aproximada da
296	97	2.ª	5	pdom	podem
296	99	1.ª	Nota (1)	86 R_n^{22}	86 R_n^{222}
296	99	2.ª	Nota (1)	bombandeamento	bombardeamento
296	101	1.ª	15	10^{10}	10^{-10}
296	101	2.ª	3	0.25×10^{10}	0.25×10^{-10}
296	101	2.ª	9	seco	saco
296	102	2.ª	34-35	segun o	segundo
296	105	1.ª	18	da	na

JAYME DA COSTA, L.DA
LG
LANDIS & GYR
APARELHOS PARA
REGULAÇÃO TÉRMICA

FR. RITTMEYER S. A.

Fabricantes de equipamento de controle para serviços de distribuição de água, barragens, etc.



Teleregistador de nível combinado com teleregulação automática de potência da Central Hidroeléctrica de la Courbaisse (Alpes marimitos)

REPRESENTANTES:

FACTO, LDA.

R. DA MADALENA, 46-2.º — LISBOA

C. D. U. 621 — 112:531.8

Estudo das forças de inércia nos motores Delta de 9 e 18 cilindros

POR CARLOS JOSÉ FRAGOSO PINTO GARNEL
E ANTÓNIO FRANCO DE OLIVEIRA FALCÃO
do 6.º ano de engenharia mecânica

O trabalho dos autores tem o mérito de ser original.

Embora o motor Delta já esteja realizado, as suas características dinâmicas não foram publicadas, que seja do meu conhecimento, e algumas conclusões interessantes foram reveladas neste estudo.

Sob o ponto de vista subjectivo, os autores não tiveram qualquer fonte de informação a que pudessem recorrer, a não ser a Teoria geral do equilíbrio das Máquinas pluricilíndricas.

Além do mais, o trabalho tem o mérito de ter sido efectuado sem qualquer auxílio ou inspiração e mostra como pode ser fecunda a mente portuguesa quando mete ombros a uma obra.

ANTÓNIO GOUVÊA PORTELA
Professor de Máquinas Alternativas

Introdução

0.1 — *Forças de inércia* — Um dos problemas mais importantes que aparecem no estudo dos motores é o da equilibragem das forças de inércia.

Como se sabe, o movimento dos diversos órgãos dum motor — cambotas, bielas, êmbolos, etc. — origina um sistema de forças de inércia, determináveis pelas leis gerais da Dinâmica.

O objectivo do presente trabalho é o cálculo, para os motores Delta, das componentes da resultante das forças de inércia segundo 3 eixos coordenados convenientemente escolhidos e o momento dessas forças em relação a um desses eixos, a definir posteriormente.

0.2 — *Características gerais dos motores Delta* — São motores Diesel, a 2 tempos, de êmbolos opostos, em que os cilindros estão colocados segundo os lados de triângulos equiláteros, situando-se as cambotas nos alinhamentos dos vértices desses triângulos.

A fig. 1 mostra em corte um motor deste tipo de 9 cilindros (3 triângulos), construído pela firma inglesa D. Napier & Son, Ltd.

Consegue-se com esta disposição dos cilindros uma estrutura de grande rigidez e simultâneamente uma potência bastante elevada para um motor de volume e peso relativamente reduzidos.

Para efeito do cálculo das forças de inércia, o motor Delta pode considerar-se formado por 3 motores em V, correspondentes a cada um dos 3 vértices do triângulo.

Vamos tomar como ponto de partida para o presente estudo as expressões das forças e momentos de inércia deduzidos por Biezeno e Grammel (1) para o motor de 2 cilindros em V.

Para esclarecer convenientemente o significado das expressões que iremos utilizar, consideramos necessário apresentar primeiramente um resumo da dedução feita pelos referidos autores para o motor de 1 cilindro e de 2 cilindros em V.

1 — Motor de 1 cilindro

Na fig. 2 está representado esquemàticamente um mecanismo alternativo composto por uma manivela, uma biela e um êmbolo.

---

(1) C. B. Biezeno e R. Grammel — Engineering Dynamics, vol. IV; Internal - Combustion Engines — Blackie & Son, Ltd., London and Glasgow, 1954.

O, A e B são os pontos em que os eixos da manivela e das articulações da biela intersectam o plano de simetria do mecanismo.

G é o peso da manivela e S o respectivo centro de gravidade. Da mesma maneira, G′ e S′ são o peso e o centro de gravidade da biela e G″ e S″ o peso e o centro de gravidade dos órgãos em

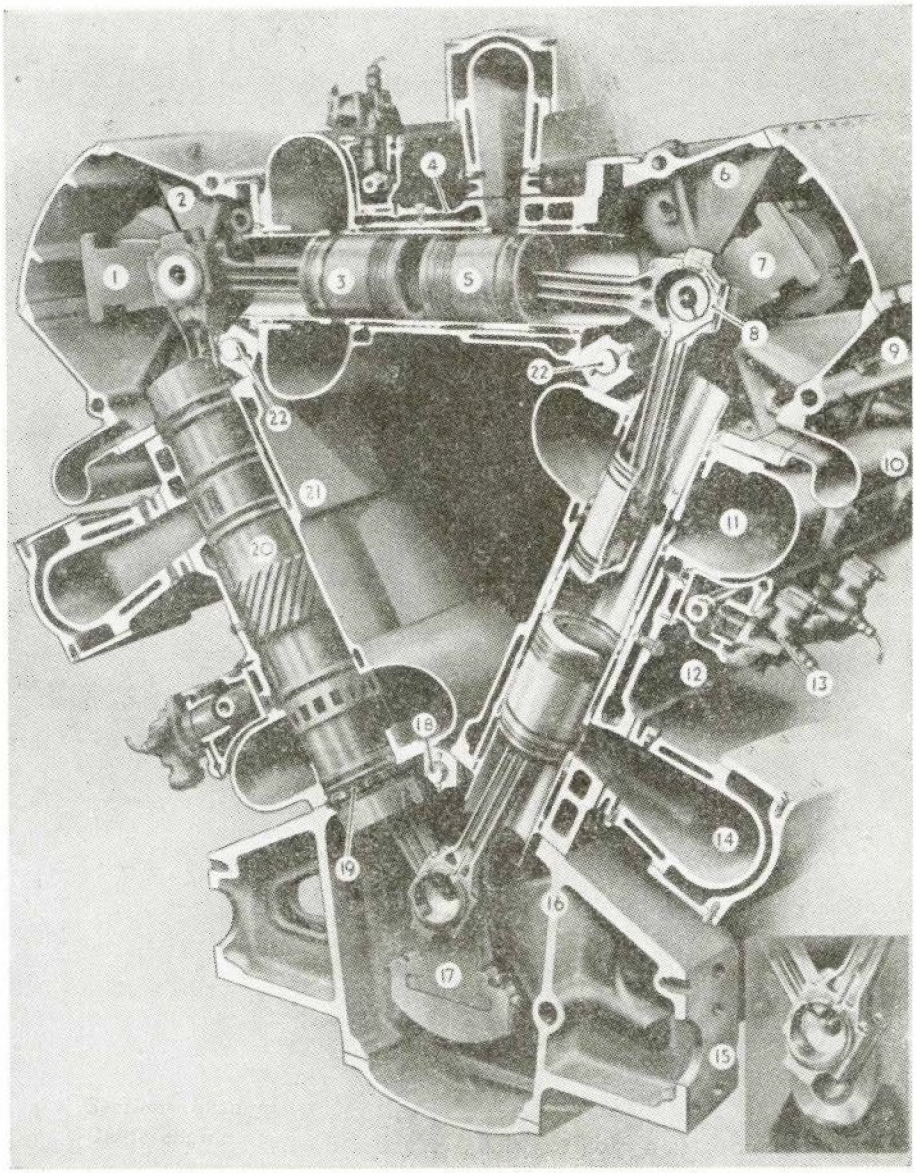


Fig. 1

movimento rectilíneo alternativo — êmbolo e cavilhão.

Faremos, como está indicado na fig. 2:

$\overline{O'A} = r$ raio da manivela

$\overline{O'S} = s$

$\overline{AB} = l$ comprimento da biela

$\overline{AS'} = s'$

K é o raio de giração da manivela em relação ao seu eixo de rotação e K′ é o raio de giração da biela em relação a um eixo passando por S′ e paralelo ao primeiro.